

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ А.І. Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)

“17” червня 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки **6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

на тему: Автоматизація процесу синтезу хлористого вінілу

Виконав студент 4 курсу, групи ЛА-52

_____ Потанчук Андрій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник _____ к. т. н., доцент Ковалюк Д.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант Охорона праці _____ к. т. н., доцент Ковтун І.М.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

Додаток Д.2. ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість листів	Примітка	
1	A4				Завдання на дипломний проект	2		
2	A4	ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ			Пояснювальна записка	68		
3	A4	ДП ЛА52.12.00.000			Д.1. Специфікація устаткування, виробів, матеріалів	11		
4	A4	ДП ЛА52.12.00.000.00			Д.2. Відомість дипломного проекту	1		
5	A1	ДП ЛА52.12.01.000 СхА			Схема автоматизації функціональна	1		
6	A2	ДП ЛА52.12.02.000 СхЕ			Принципова електрична схема дистанційного керування електродвигунами	1		
7	A2	ДП ЛА52.12.03.000 СхЕ			Монтажно-комутаційна схема до системи дистанційного керування та технологічних блокувань	1		
		</						

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Інженерно-хімічний факультет
(повна назва)

Кафедра Автоматизації хімічних виробництв
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані техно-
логії

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А. І. Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломний проект студенту
Потапчуку Андрію Віталійовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизація процесу синтезу хлористого вінілу,
керівник проекту Ковалюк Дмитро Олександрович, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «12» травня 2019 р. № 1525

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту система керування, що забезпечує задані часові показники якості процесу керування

4. Зміст пояснювальної записки

Аналіз процесу синтезу хлористого вінілу; розробка схеми автоматизації процесу; математичне моделювання контактеного апарату; синтез та дослідження системи керування контактним апаратом; програмування параметрів регулятора на мікроконтролер МІК; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації процесу синтезу хлористого вінілу, принципова електрична схема дистанційного керування електричних двигунів, монтажно-комутаційна схема до системи дистанційного керування та технологічних блокувань.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз процесу синтезу хлористого вінілу	1.04.2019	
2	Розробка схеми автоматизації	08.04.2019	
3	Отримання математичної моделі контактного апарату	20.04.2019	
4	Дослідження статичного і динамічного режимів об'єкта керування	23.04.2019	
5	Синтез системи керування	06.05.2019	
6	Розробка креслень	25.05.2019	
7	Охорона праці	03.06.2019	

Студент

(підпис)

Потапчук А. В.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Ковалюк Д. О.
(ініціали, прізвище)

Реферат

Дипломний проект виконано на тему «Автоматизація виробництва синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі». Проект складається з пояснювальної записки на 76 сторінок та 3 аркушів креслень. На кресленнях представлено: схему автоматизації, принципову електричну схему дистанційного керування електричними двигунами, монтажно-комутаційну схему до системи дистанційного керування та технологічних блокувань.

Метою проекту є забезпечення високого функціонування виробництва синтезу хлористого вінілу за рахунок впровадження засобів автоматизації та розробки системи керування.

В розділах пояснювальної записки виконаний аналіз технологічного стану виробництва; розроблено основні рішення з автоматизації; отримано математичну модель контактного апарату; розраховано систему керування контактним апаратом, яка забезпечує відповідний запас стійкості. Досліджено перехідні процеси в замкнутій системі з ПІ-регулятором, отримано параметри регулятора, що забезпечують задані значення тривалості перехідного процесу та рівень перерегулювання.

Виконано аналіз основних вимог з охорони праці.

Ключові слова: хлористий вініл, автоматизація, ПІ-регулятор, система керування.

Abstract

The diploma project is executed on "Automation of the production vinyl chloride synthesis process by hydrochlorination of acetylene in the gas phase", the project consists of an explanatory note on 76 pages and 3 sheets of drawings. The drawings are presented: the scheme of automation, circuit diagram for remote control of electric motors, installation and switching scheme to remote management and technological locks.

The project aims to ensure the proper functioning of vinyl chloride production through the introduction of automation and control system development.

In the chapters of explanatory note was done the analysis of the process of production; were developed the basic automation solutions; was obtained mathematical model of the contact apparatus. Were investigated transients in a closed system with PI-regulator, was obtained controller parameters, that providing value set duration of the transition process and the level of overshoot.

Was done the analysis of the basic requirements for safety.

Keywords: vinyl chloride, automation, PI-controller, controlsystem.

Зміст

Вступ.....	9
1. Аналіз виробництва синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі.....	10
1.1. Фізичні та хімічні властивості вінілхлориду	10
1.2. Методи одержання хлористого вінілу	16
1.3 Аналіз запатентованих схем виробництва хлорвінілу	23
1.4. Застосування хлористого вінілу	28
1.5. Постановка задачі оптимізації.....	30
2. Автоматизація процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі.....	32
2.1. Аналіз основних параметрів виробництва	32
2.2. Розробка схеми автоматизації.....	33
2.3. Розробка схеми технологічної сигналізації та аварійного захисту.....	40
2.4. Розробка монтажно-комутаційної схеми.....	42
3. Математичне моделювання контактного апарату	44
3.1. Аналіз об'єкту керування	44
3.2. Моделювання статичного режиму	45
3.3. Моделювання динамічного режиму.....	48
4. Синтез та дослідження системи керування контактним апаратом	51
4.1. Аналіз показників якості системи керування.....	51
4.2. Розрахунок та моделювання системи керування в Simulink	54
4.3. Дослідження стійкості системи	59
5. Налаштування мікроконтролера.....	59
5.1. Характеристика та можливості МІК	59
5.2. Програмування коефіцієнтів регулятора.....	63
6. Охорона праці	67
6.1. Повітря робочої зони	67

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ						
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив	Потапчук А.В.				Автоматизація виробництва синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі	Лім.		Арк.		Аркушів	
Перевірив	Ковалюк Д.О.										
						НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”					
Н.Контр.	Кваско Е. М.										
Затвердив	Жученко А. І.				Пояснювальна записка						

6.2. Виробниче освітлення	71
6.3. Електробезпека	71
6.4. Пожежна безпека.....	73
Висновки	75
Література	76
Додаток 1	77

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Аналіз автоматизації процесу синтезу хлористого вінілу є головним завданням цього дипломного проекту.

Хлористий вініл майже увесь використовується для виготовлення полівінілхлориду, який має досить широке застосування, зокрема для ізоляції проводів та кабелів, виробництва листів, труб, плівок, штучних шкір, плівок для натяжних меблів, лінолеуму тощо.

Для отримання хлористого вінілу найвищої якості необхідно створити сучасну систему керування, для забезпечення кращої точності управління процесом та швидкодії при впливах на об'єкт.

Актуальністю даного дипломного проекту є впровадження сучасної схеми автоматизації виробництва та новітнього технічного обладнання. Також буде проведено дослідження якісних характеристик та на їх основі обрано регулятор.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА СИНТЕЗУ ХЛОРИСТОГО ВІНІЛУ ГІДРО-ХЛОРУВАННЯМ АЦЕТИЛЕНУ В ГАЗОВІЙ ФАЗІ

1.1 Фізичні та хімічні властивості вінілхлориду

Хлористий вініл за нормальних умов проявляє себе як знебарвлений газ, що має слабкий солодкуватий запах та схожий на хлороформ. Він погано розчиняється у воді, добре розчинний у спирту, хлороформі та дихлоретану. Вінілхлорид – це сильна отрута, яка здійснює на людину канцерогенну, мутагенну та тератогенну дію.

Декілька фізичних констант хлористого вінілу наведено в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1. Фізичні параметри хлорвінілу

Молекулярна формула	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$)
Температура кипіння, °C	-13,79
Температура плавлення, °C	-154
Відносна густина (при -30 °C)	0,984
Відносна густина (при 25 °C (рідина))	0,912
Критична температура, °C	158,3
Показник заломлення (при 30 °C)	1,4142
Критична густина, г/см ³	0,38
Теплоємність газу (при 30 °C), кДж/(кг·K)	0,859
Критичний тиск, МПа	5,33
Стандартна ентропія утворення, Дж/(моль·K)	263,96
В'язкість рідини (при -30 °C), мПа·с	0,343
Стандартна ентальпія утворення, кДж/моль	-37,27
В'язкість газу (при 25 °C), мкПа·с	10,72
Поверхневий натяг (при -25 °C), мН/м	22,31
Теплоємність рідини (при -25 °C), кДж/(кг·K)	1,147
Густина за повітрям	2,18

Теплопровідність рідини (при 25 °С), Вт/(м·К)	0,137
Теплота згорання, кДж/моль	-1198,08
Теплота кипіння (при температурі кипіння), кДж/кг	332,68

Американські вчені провели дослідження [8], згідно якого було встановлено, що густина хлористого вінілу в діапазоні від -13,79 до 60 °С з точністю 0,09 % обраховується за наступним рівнянням:

$$d = 0,9471 - 0,001746 \cdot t + 0,00000324 \cdot t^2,$$

де d – густина, г/см³; t – температура, °С.

Вони також отримали залежність, яка пов'язує еластичність пару вінілхлориду та температуру:

$$\lg p = 0,842 + \frac{1150,9}{T} + 1,75 \cdot \lg T - 0,002415 \cdot T,$$

де p – тиск, атм; T – температура, К.

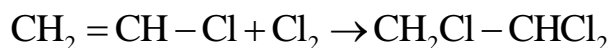
Хлорвініл – це активне хімічне з'єднання, властивості якого визначаються вмістом подвійного зв'язку та наявністю атома хлору. Хлористий вініл вступає в реакції приєднання за подвійним зв'язком, в яких атом хлору являється електронацепторним замісником, при цьому понижаючи властивість проведення реакцій приєднання в реакціях електрофільного приєднання та навпаки – в реакціях нуклеофільного приєднання.

У хімічний сполуці хлорвінілу атом хлору є дуже інертним, через вплив подвійного зв'язку, тому реакції заміщення для хлористого вінілу не властиві. Однак, завдяки цій властивості від сполуки досить легко відщеплюється атом водню, або молекулу хлороводню.

Надзвичайно велику цінність має реакція полімеризації хлорвінілу, що має величезну прикладну важливість.

Реакції приєднання за подвійним зв'язком

Хлористий вініл вільно взаємодіє з хлором у рідкій та газовій фазі, створюючи 1,1,2-трихлоретан:



					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реакцію приєднання атома хлору можливо організувати також за допомогою нагрівання суміші до понад 245 °С за наявності кисню або фотохімічної ініціації.

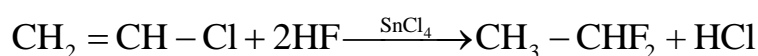
Хлористий вініл приєднує галогенводні за подвійним зв'язком згідно з правилом Марковникова лише за наявності каталізаторів (наприклад, хлориду цинку, хлориду заліза та ін.) та підвищеній температурі, утворюючи при цьому сполуки – 1,1-дигалогеналкани:



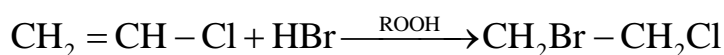
Фтороводень вступає в реакцію з хлористим вінілом в газовій фазі лише за тиску 1,1-1,6 МПа:



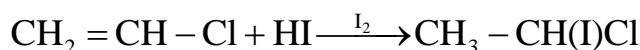
Фтористий водень вступає в реакцію з хлористим вінілом в рідкій фазі за наявності каталізатора (хлориду олова) із заміщенням атома хлору на фтор з отриманням 1,1-дифторетану (фреону R152a) - озонобезпечного холодоагенту:



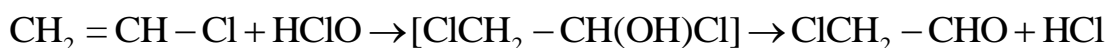
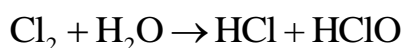
За наявності пероксидів реакція приєднання проходить таким чином (лише для хлорної та бромної кислот):



Йодоводень реагує з хлористим вінілом за наявності йоду для каталізації, та формує 1-хлор-1-йодостан:

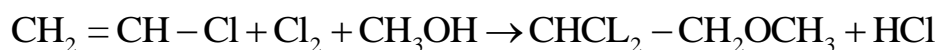
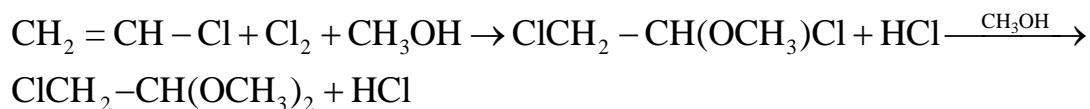


Вінілхлорид вступає в реакцію з розчином хлору та води, утворюючи хлоретаналь:



Якщо реакція проходить в розчині метилового спирту, утворюється ацеталь хлору:

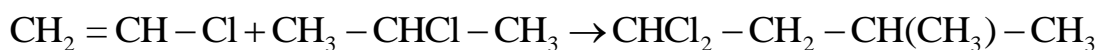
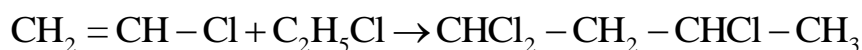
					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



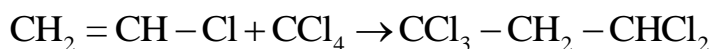
Хлористий вініл вступає в реакцію з сірководнем під дією каталізатора та ультрафіолетового випромінювання, утворюючи отруту біс(2-хлороетил)сульфід:



За наявності галоїдів певних металів хлорвініл вступає в реакцію з хлоретаном та утворюють 1,1,3-трихлорбутан, або з 2-хлорпропаном – 1,1-дихлор-3-метилбутан:



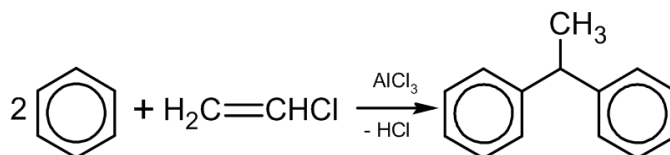
З чотирьохлористим карбоном за присутності $\text{CuCl}/\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$ або $\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3$ в ролі каталізатора вінілхлорид утворює 1,1,1,3,3-пентахлорпропан:



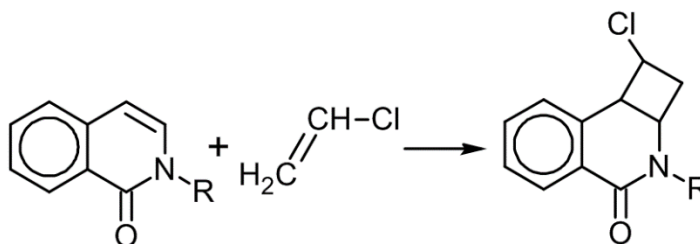
Хлористий вініл реагує в реакції Прінса та утворює 3,3-дихлорпропанол-1 і 2,3-дихлорпропанол:



Хлорвініл реагує з бенzenом в реакції Фріделя-Крафтса за наявності хлориду алюмінію та утворює 1,1-дифенілетан:



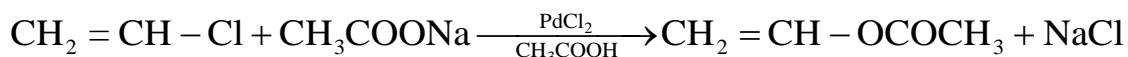
Вінілхлорид приймає участь у фотохімічній реакції синхронного приєднання до 1-ізохінолону:



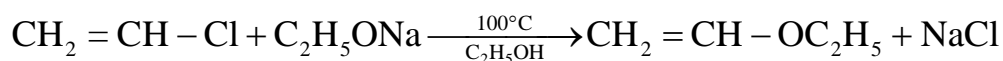
Реакції заміщення атома хлору

Реакції заміщення, які притаманні багатьом галогенвуглеводням, не можуть застосовуватися для хлористого вінілу. Тому найчастіше можна спостерігати реакції полімеризації або елімінування.

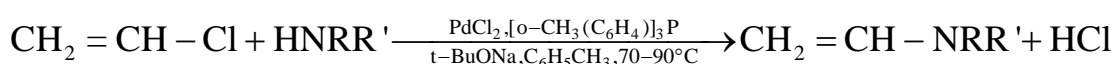
Тільки за наявності солей паладію можливо виконати заміщення атома хлору, що є способом отримання вінілалкоголятів та вінілових ефірів:



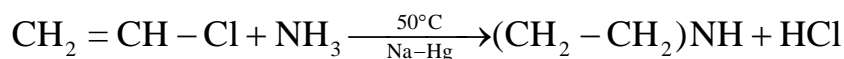
Хлористий вініл може прореагувати з алкоголем натрію, утворивши реакцію заміщення, при досить суворих обставинах (при тривалому нагріванні за температури 110 °C):



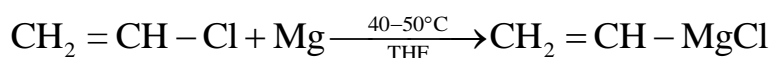
За наявності паладієвого каталізатора можна також здійснити реакцію амінування:



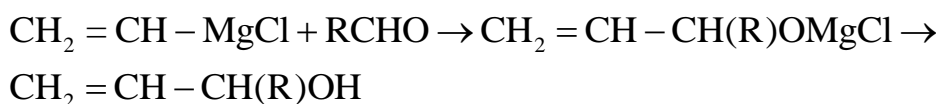
При реагуванні хлористого вінілу й аміаку (при 55 °C) в газовій фазі та присутності сплаву ртуті й натрію утворюється етиленімін:



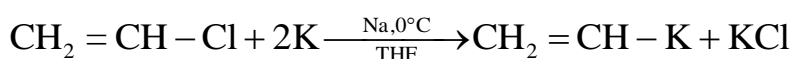
За нормальних умов хлористий вініл не реагує та не створює реактиви Гріньяра, але можна одержати вінілмагнійгалоїд при наявності тетрагідрофурану:



Для одержання вінілпохідних, можна скористатися вище знайденим вінілмагнійхлоридом:

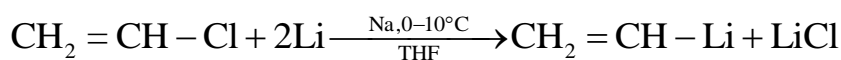


Таким чином є можливість створити інші вінілметалоорганічні суміші, наприклад, вінілкалій:

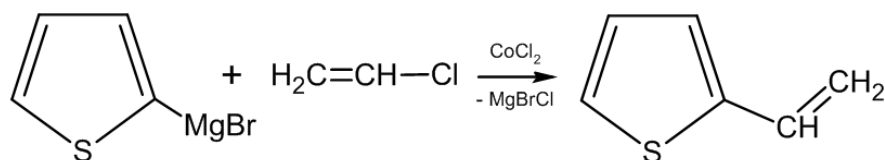


					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

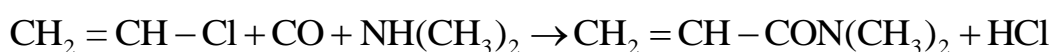
Хлористий вініл вступає в реакцію з літієм за наявності тетрагідрофурану та натрію, утворюючи вініллітій:



При реакції вінілхлориду з 2-тієнілмагнійбромідом за наявності хлориду кобальту утворюється 2-вінілтіофен:

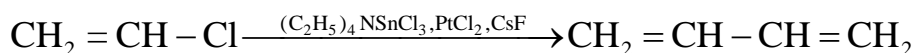


За наявності оксиду вуглецю та паладієвого каталізатора хлорвініл реагує з диметиламіном, утворюючи N, N-диметилакриламід:

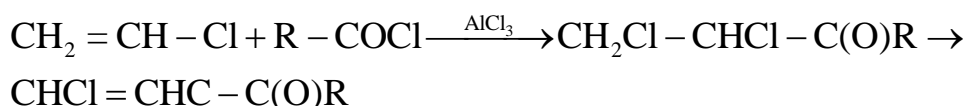


Інші реакції

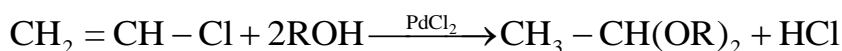
За наявності каталізатора та диметилформаміду й води із хлористого вінілу одержується дивініл:



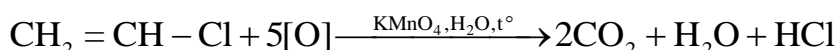
Реакція з хлорангідрідами вуглецевих кислот за наявності хлориду алюмінію може створювати дихлоркетони і хлорвінілкетони:



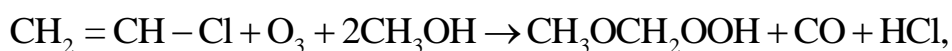
Хлористий вініл реагує зі спиртами за наявності каталізаторів з утворенням ацеталей:



При окисленні хлористого вінілу утворюється хлоретаналь або метаналь (в залежності від умов реакції та вибору окисника):

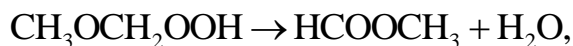


Під дією озонолізу хлорвінілу та за наявності метанолу (при -80°C) утворюється метоксиметилгідропероксид:



					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який можливо надалі видозмінити в метиловий ефір метанової кислоти:

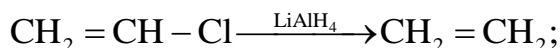


та диметоксиметан (метилаль):

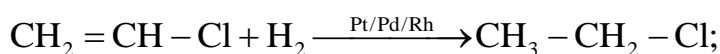


Регенерація хлористого вінілу здійснюється 3 різними способами (залежить від умов реакції та вибору агенту):

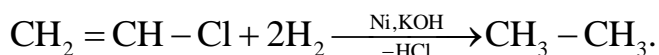
– до етену:



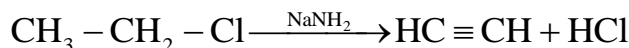
– до етилхлориду:



– до етану:



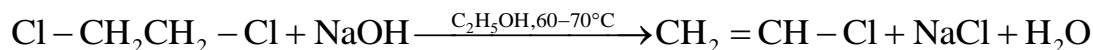
Хлористий вініл здатен відщеплювати молекулу хлороводню під впливом сильних основ, результатом чого є ацетилен:



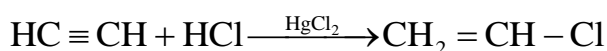
Вінілхлорид термічно досить стійке з'єднання, помітне розкладання якого відбувається при піднятті температури понад 550 °С. Піроліз вінілхлориду при 680 °С з 35% виходом призводить до суміші продуктів, що містять ацетилен, хлороводень, хлоропрен і вінілацетилен.

1.2 Методи одержання хлористого вінілу

Синтез вінілхлориду здійснюють дегідрохлоруванням 1,2-дихлоретану або 1,1-дихлоретану при нагріванні та присутності розчину гідроксиду натрію та спирту:

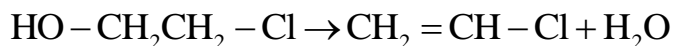


Рідше використовують проціджування ацетилену через розчин хлориду водню:

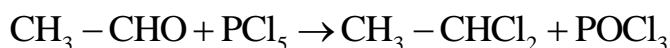


Також можливий метод каталітичної дегідратації етиленхлоргідрину:

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



При реакції пентахлориду фосфору та етанолу утворюється вінілхлорид:



На сьогоднішній день існують 3 основних способи одержання хлористого вінілу, які застосовують у промислових масштабах:

- збалансований за хлором (на основі етену);
- комбінований (на основі етену й ацетилену);
- каталітичне гідрохлорування ацетилену в газовій фазі.

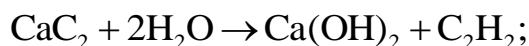
Перший спосіб є найсучаснішим, найрозповсюдженішим та економічно найефективнішим методом виробництва. Не зважаючи на те що, решта способів є трохи застарілими, вони досі використовуються на багатьох виробництвах, що орієнтовані на використанні дорогого ацетилену.

Каталітичне гідрохлорування ацетилену в газовій фазі

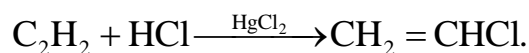
Метод каталітичного гідрохлорування ацетилену в газовій фазі базується на отриманні ацетилену взаємодією води та карбіду кальцію. Він став першою технологією одержання хлористого вінілу комерційного рівня.

Хімічні реакції:

- одержання ацетилену:



- гідрохлорування ацетилену:



					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

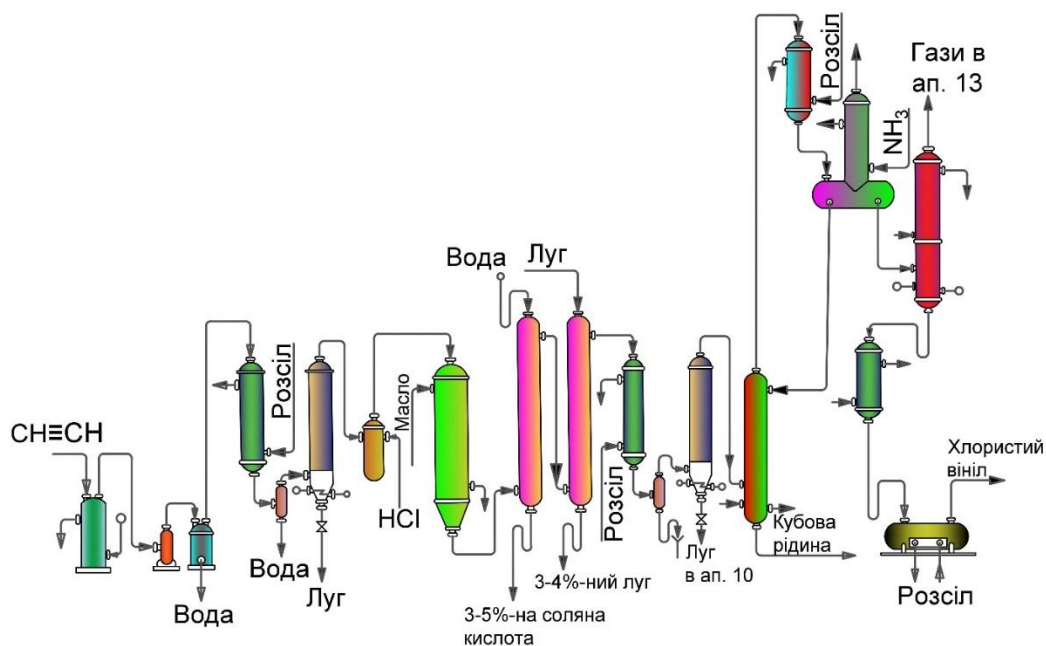


Рис. 1.1. Технологічна схема процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену

Концентрований ацетилен (97-99 %), очищений від PH_3 , NH_3 та інших шкідливих домішок, компресором нагнітається в систему під надлишковим тиском 0,5 атм і охолоджується до 3-5 °С в холодильнику розсолем, що циркулює в міжтрубному просторі. Після відділення в сепараторі від сконденсованої вологи ацетилен надходить на остаточну осушку в апарат, заповнений твердим їдким лугом. Осушений ацетилен змішується із сухим хлористим воднем в змішувачі. Газова суміш надходить в трубчастий контактний апарат, попередньо нагрітий до 110-120 °С гарячим мастилом, що циркулює в міжтрубному просторі апарату.

Реакція утворення хлористого вінілу протікає з виділенням тепла (26 ккал/моль). Надмірне тепло відводиться циркулюючим в міжтрубному просторі контактного апарату мастилом або водою, які охолоджуються до 70 °С у виносному холодильнику. У міру старіння каталізатора температуру процесу поступово підвищують до 200 °С. Поява в контактних газах вільного ацетилену вказує на значне зниження активності каталізатора і на необхідність заміни його свіжим.

У результаті гідратації ацетилену утворюється також деяка кількість ацетальдегіду. Тому в контактних газах, що містять приблизно 93 % хлористого вінілу, 5 % хлористого водню і 0,5 % ацетилену, присутні 0,3 % парів несиметричного дихлоретану і 0,3 % ацетальдегіду. Ця суміш для видалення хлористого водню надходить в зрошуваний водою насадковий скруббер з вуглецевої сталі. У скруббері, зрошуваному 40 %-ним розчином лугу, з газів видаляється двоокис вуглецю.

Після лужного промивання контактний газ охолоджується до -10°C розсолом (температура розсолу -30°C) в холодильнику, де відбувається виморожування більшої частини вологи, і надходить в осушувач, заповнений твердим кусковим лугом. Утворений розчин лугу періодично, відводиться з нижньої частини осушувача і використовується для промивання газів в скруббері. В осушувачі контактний газ повністю очищається від вологи і більшої частини ацетальдегіду. Очищення хлористого вінілу від дихлоретану і залишків ацетальдегіду проводять шляхом дистиляції в дистиляційній колоні, зрошуваної рідким хлористим вінілом, охолодженим до -30°C . Кубова рідина з колони може бути використана як розчинник.

Після колони хлористий вініл конденсується в кожухотрубному конденсаторі, який охолоджується розсолом (температура розсолу -35°C), рідкий хлористий вініл самопливом надходить в куб апарату. Верхня частина цього апарату являє собою колону-холодильник, який охолоджується аміаком, який випаровується при розрідженні і -55°C . Тут із хлористого вінілу відганяються розчинені ацетилен та інертні гази. З кубової частини апарату деяка кількість рідкого хлористого вінілу надходить на зрошення колони, а основна частина його перетікає у відгінну колону для остаточного очищення від ацетилену.

З куба колони безупинно витікає очищений рідкий хлористий вініл. На 1 т 100%-ного хлористого вінілу, який одержується описаним способом, витрачається близько 0,45 т ацетилену, 0,67 т хлористого водню і 0,2-0,5 кг сулеми. Синтез хлористого вінілу з ацетилену і хлористого водню в газовій фазі має чимало переваг (безперервність процесу, простота апаратурного оформлення, високий

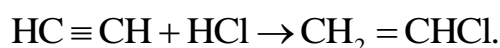
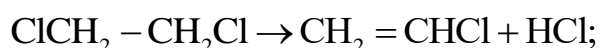
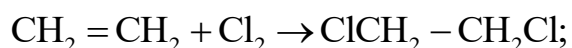
					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт використання вихідних сполук), проте недоліком цього процесу є відносна дорожнеча ацетилену в порівнянні з іншими вихідними вуглеводнями.

Комбінований спосіб (на основі етену та ацетилену)

Суть методу в тому, щоб скомбінувати реакції гідрохлорування ацетилену із використанням соляної кислоти із попереднього етапу та хлорування етену та наступної деструкції хлористого етилену .

Хімічні рівняння:



Особливістю даного методу являється можливість заміни дорогого ацетилену на дешевший етен та утилізувати соляну кислоту, збільшивши корисні застосування хлору у такий спосіб.

Збалансований спосіб за хлором (на основі етену)

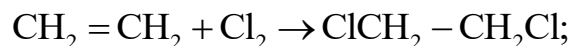
Даний спосіб є найсучаснішим, найрозповсюдженішим та економічно найефективнішим методом виробництва.

У методі, який оснований на етені, хлористий вініл отримується реакцією піролізу дихлоретану, котрий в свою чергу одержується реагуванням етену і хлору під дією каталізатора. Соляна кислота, яка є результатом дегідрохлорування дихлоретану, реагує з киснем та етенем за наявності каталізатора міді та утворює дихлоретан, у такий спосіб звівши до мінімуму витрати хлору, що застосовується для прямого хлорування етену. Процес дістав назву оксихлорування. Щоб хлористий вініл мав товарний вигляд та характеристики, його піддаються дистиляції, а побічні продукти органіки використовуються для одержання розчинників або застосовують термодеструкцію для повторного використання в процесі.

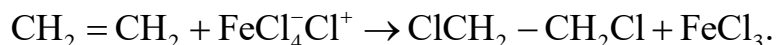
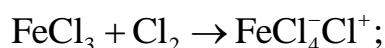
Хімічні реакції процесу:

- хлорування етену:

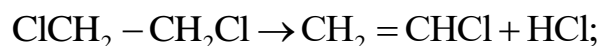
					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



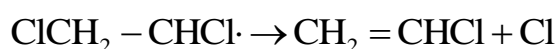
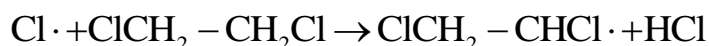
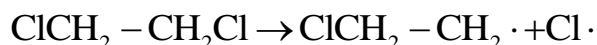
процедура етапу:



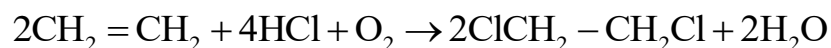
- термічне дегідрохлорування дихлоретану:



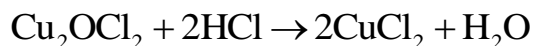
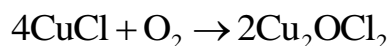
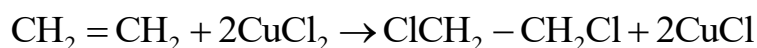
процедура етапу:



- окисне хлорування етену:



процедура етапу:

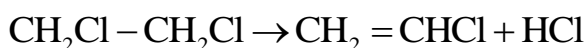
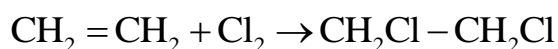
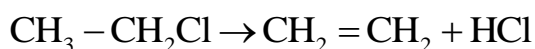
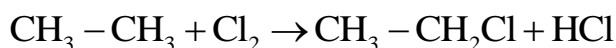


За такої технології виробництва кількість етену ділиться приблизно порівну між етапами прямого та окисного хлорування.

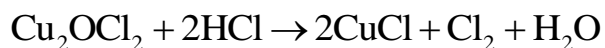
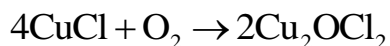
Спосіб окисного хлорування етану

Принцип використання етану для одержання хлористого вінілу був винайдений іще в 65-67 роках минулого століття компаніями *The Lummus Co.* і *Armstrong Cork Co.* Метод оксихлорування за наявності каталізатора (хлориду міді одновалентного) дістав назву *Transcat Process*.

Хімічні рівняння:



					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Реакція відбувалася за температури 445-545 °С та тиску 1 МПа, при чому рівень конверсії самого етану становила близько 70%. Через деякий час процес був дещо модернізований компанією *ICI*, яка зуміла понизити діапазон температур та застосувала інакший каталізатор.

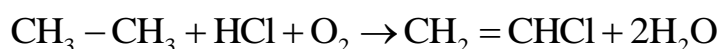
Під кінець весни у 1998 році корпорація *EVC International NV* зробила свій тестовий проект, що мав сумарну виробничу потужність близько 1000 тонн на рік. На виробництві у Вільгельмсгафені тестування мали на меті випробування нового запатентованого методу окисного хлорування етану також відомого як *Ethane-to-VCM-Process*. За прогнозами він мав просуватися на ринку та буде абсолютним відкриттям та покладе початок роботи над повноцінним виробництвом, яке мало бути запущено в 2003 році.

Як запевняли розробники, температура не перевищувала 495 °С та рівень конверсії матеріалів досягав – до 100% для хлору, 98,9% для кисню та майже 91% для етану, у той час, як вихідні показники хлористого вінілу становили більше 90%.

EVC уклала договір з корпорацією *Bechtel Group, Inc.* Наприкінці осені 1999 року. Згідно цієї угоди вони планували створення повномасштабного виробництва у Німеччині, але, через фінансові труднощі, проект закрили. Після цього про проект *Ethane-to-VCM-Process* нічого не відомо.

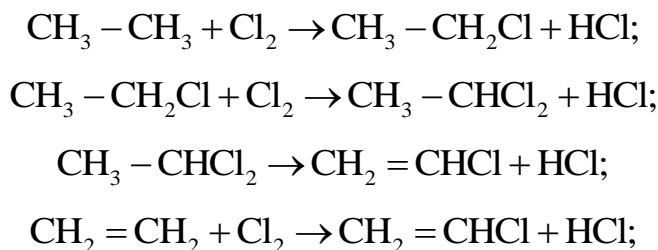
Альтернативні способи виробництва хлористого вінілу

Корпорація *Monsanto* винайшла новий метод синтезу хлористого вінілу з етану та запропонувала його світові у 1977 році. Кількісний вихід хлорвінілу становив 85%, за присутності кисню та суміші соляної кислоти та температури 395-645 °С. Реакція відбувалася з каталізатором (галоїд міді та фосфат калію):



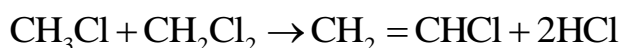
					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радянські вчені також запатентували ще один метод синтезу хлористого вінілу у 1980 році. Реакція відбувалася хлоруванням суміші етану й етену в газовій фазі за температури 345-495 °С:



Вторинні сировини, які утворилися можуть бути етан хлор, 1,1-дихлоретан, вініліденхлорид та інші галогенпохідні.

У 2005 році представили метод синтезу хлористого вінілу, що отримується реакцією хлорметану та дихлорометану в газовій фазі за присутності каталізаторів, тиску до 1 МПа та температури 295-495 °С:



Перераховані вище альтернативні способи синтезу хлористого вінілу так і не були застосовані на виробництві або не пройшли етапу експериментального фабрикивання.

1.3 Аналіз запатентованих схем виробництва хлорвінілу

Вінілхлорид входить в рейтинг 20 найбільших за масштабом продуктів нафтохімічного виробництва у світі, віддавши першість етену (124 млн т), пропілену (78 млн т), метиловому спирту (49 млн т), терефталевій кислоті (43 млн т) та бензену (41 млн т). Виробництво хлорвінілу є третім (після поліетилену й оксирану) за значимістю спрямуванням використання етену як найбільш важливої сполуки. Світове виробництво хлористого вінілу становило близько 35 млн т станом на 2010 рік, що складає близько 70% всіх виробничих потужностей у світі. За прогнозованими даними компанії *IHS*, нинішнє споживання хлористого вінілу повинно зростати на 4,4% щорічно.

Розглянемо деякі запатентовані технології синтезу хлористого вінілу. Для патенту РФ №2394014 характерне отримання вінілхлориду, яке включає в себе

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подачу газоподібного хлору та етану в область реакції хлорування етану, що розташована в нижній частині реактора піролізу, де присутні тверді частинки. Проводять реакції хлорування етану при контакті газоподібного хлору й етану з твердими частинками таким чином, що продукт реакції хлорування етану і тверді частинки піднімаються у верхню частину реактора піролізу одночасно, при цьому кокс, який утворився, осідає на твердих частинках. Реакція хлорування етану відбувається при температурі від 400-800 °С, під тиском 1-25 атм при мольному відношенні етану до газоподібного хлору 0,5-5 і часу від 0,5-30 секунд.

Реакції піролізу проводять в області реакції піролізу, яка розташована у верхній частині реактора піролізу, при контакті продукту реакції хлорування етану з твердими частинками таким чином, що продукт реакції хлорування етану і тверді частинки піднімаються одночасно, при цьому кокс, що утворюється, осідає на твердих частинках, причому реакція піролізу протікає при температурі від 300 до 800 °С, тиску 1-50 атм і часу від 0,05 до 20 секунд.

Винахід також відноситься до пристрою для отримання вінілхлориду, що включає реактор піролізу, що має область реакції хлорування етану в нижній частині та область реакції піролізу у верхній частині, сепаратор, що розділяє продукт реакції піролізу і тверді частинки, реактор регенерації, який регенерує відокремлені частинки випалюванням та, щонайменше, один модуль, по якому переміщуються тверді частинки.

Патент Великобританії №1039369 описує використання багатовалентних металів, включаючи метали з ряду лантаноїдів, у виробництві вінілхлориду з етану. Цей патент описує використання певних каталізаторів за умови, що «пара, доступний хлор і кисень використовуються в конкретних контрольованих співвідношеннях». Описана система працює при температурах в межах між 500 і 750 °С. Доступний хлор у цій технології необов'язково включає 1,2-дихлоретан. Однак даний патент не згадує, що разом з етаном потрібно подавати етилен. У ньому також немає згадки, що в процесі повинно бути задано певне мольне співвідношення етану до етилену, не описується рециркулювання етилену, а замість

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цього вказується лише, що етилен вступає в реакцію з утворенням полімерів або етилендихлориду.

Патент Великобританії №1492945 описує спосіб виробництва вінілхлориду з використанням лантану в каталізаторі перетворення етану у вініл на основі міді. Як описують автори, лантан присутній з метою сприятливої зміни летючості міді при підвищеній температурі, необхідної для роботи. Приклади демонструють переваги надлишку хлористого водню у відповідній реакції.

Патент Великобританії №2095242 описує спосіб для отримання монохлорованих олефінів, який сприяє приведенню у взаємодію при підвищеній температурі газоподібної суміші, що містить алкан, джерело хлору і молекулярний кисень, в присутності каталізатора, що містить металеве срібло і/або його з'єднання, і одне або декілька з'єднань марганцю, кобальту або нікелю. Як вказують автори, на каталізатор можуть подаватися суміші етану й етилену. Ніяких прикладів не наведено і конкретні переваги сумішей етан/етилен не описуються.

Патент Великобританії №2101596 описує спосіб для виробництва монохлорованих олефінів, який сприяє приведенню у взаємодію при підвищеній температурі газоподібної суміші, що містить алкан, джерело хлору і молекулярний кисень, в присутності каталізатора, що містить сполуки міді, марганцю та титану, і є придатним для використання у виробництві вінілхлориду з етану. Крім того, як описують автори, продукти реакції виділяють і використовують, як є, або рециркулюють в реактор для збільшення виходу монохлорованого олефіну. Як вказують автори, на каталізатор можуть подаватися суміші етану і етилену. Ніяких прикладів не наведено, і конкретні переваги сумішей етан/етилен не описуються.

Патент США №3629354 описує спосіб виробництва вінілхлориду і спільного з ним виробництва етилену з етану в присутності хлористого водню і кисню. Кращим каталізатором є мідь або залізо на підкладці. Один із прикладів в цьому патенті демонструє надлишок хлористого водню (HCl) по відношенню до етану в реакційній суміші. Співвідношення етану до хлористому водню один до чотирьох використовується для отримання потоку, що містить 38,4% етилену

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(який не вимагає HCl для отримання) і 27,9% вінілхлориду (який вимагає для отримання тільки 1 моля HCl на 1 моль вінілхлориду).

Патент США №3658933 описує спосіб виробництва вінілгалогенідів в системі з трьох реакторів, що об'єднує реактор для оксидегідрування, реактор для оксигалогенування і реактор для дегідрогалогенування. Автори показують, що (окси)галогендегідрування етану, в деяких випадках, посилюється шляхом додавання як галогену, так і галогеніду водню. Як і в патенті США №3629354, одержуваний етилен дає хлористий вініл шляхом звичайного оксигалогенування і крекінгу. HCl, одержуваний при операції крекінгу, повертається в реактор галогендегідрування.

Патент США №3658934 і патент США №3702311 описують обидва способи для виробництва вінілгалогенідів в системі з трьох реакторів, що об'єднує реактор галогендегідрування, реактор оксигалогенування і реактор дегідрогалогенування. Автори описують галогендегідрування етану з отриманням етилену для подальшого перетворення в хлорвініл шляхом оксигалогенування з подальшим отриманням хлористого вінілу шляхом звичайного термічного крекінгу. HCl, одержуваний при операції крекінгу, повертають в реактор оксигалогенування і в реактор галогендегідрування. Як показано в останньому патенті, переваги надлишку загального хлору як у вигляді HCl, так і Cl₂, збільшує вихід бажаних продуктів.

Патент США №3644561 і патент США №3769362 тісно пов'язані зі зазначеними вище патентами і описують способи оксидегідрування етану до етилену в присутності надлишкових кількостей галогеніду водню. Патент описує каталізатор з галогеніду або міді, або заліза, додатково стабілізований за допомогою галогеніду рідкісноземельного елемента, де співвідношення галогеніду рідкісноземельного елемента до галогеніду міді або заліза є вищим ніж 1:1. Патент описує використання значного надлишку HCl по відношенню до мольної кількості введеного етану, причому HCl залишається спожитим в реакції.

Патент США №4046823 описує спосіб виробництва EDC, де етан і хлор взаємодіють в газовій фазі над каталізатором, що містить мідь.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Патент США №4100211 описує регенерацію каталізатора на основі заліза для способу, де етан перетворюється як в етилен, так і у вінілхлорид в суміші. Цей патент описує, що джерело хлору присутнє в кількості від 0,1 до 10 моль на 1 моль етану. Як правило, при збільшенні співвідношення хлористого водню до етану вихід вінілхлориду та інших хлорованих продуктів також збільшується, навіть при зменшенні виходу етилену.

Патент США №4300005 пропонує каталізатор на основі міді для виробництва хлористого вінілу в присутності надлишку HCl.

Патент США №5097083 описує хлорвуглеводні як джерело хлору для процесу перетворення етану у хлористий вініл. Цей патент описує способи, де хлорвуглеводні можуть бути використані для захоплення HCl з метою подальшого використання при отриманні вінілу.

Європейський патент EP №667845 описує каталізатор на основі міді зі стабілізуючою упаковкою, призначений для каталізу перетворення етану в вініл. Цей каталізатор, очевидно, відноситься і до наступної технології, описаної в наступних трьох патентах США.

Патент США №5663465 описує спосіб каталітичного перетворення етану у вінілхлорид, в якому об'єднують етан і джерело хлору в реакторі оксихлорування з відповідним каталізатором, рециркулюють побічні продукти в реактор для оксихлорування, обробляють побічні продукти ненасичені хлоровані вуглеводні на стадії гідрування для перетворення в їх насичені аналоги і направляють їх назад в реактор, хлорують побічний продукт – етилен до 1,2-дихлоретану для повторної переробки.

Патент США №5728905 описує виробництво вінілу з етану в присутності надлишку HCl при використанні каталізатора на основі міді. Цей патент описує спосіб каталітичного оксихлорування етану в разі присутності етану, джерела кисню і джерела хлору, в присутності каталізатора, що містить мідь і лужний метал. HCl подають в реактор оксихлорування в надлишку по відношенню до стехіометричної потреби в розрахунку на хлор.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Патент США №5763710 обговорює каталітичне оксихлорування етану до хлористого вінілу шляхом об'єднання етану і джерела хлору в реакторі для оксихлорування в присутності каталізатора оксихлорування (умови реакції вибираються з підтримкою надлишку HCl), відділення продуктів вінілхлориду і повторної переробки побічних продуктів в реактор.

1.4 Застосування хлористого вінілу

Виробництво полівінілхлориду

Наразі 98-99% усього хлорвінілу, що виготовляється у світі, використовується для виготовлення полівінілхлориду (ПВХ). У 2009 році сукупні глобальні потужності з випуску полівінілхлориду становили близько 48 млн тонн, а його світове виробництво і споживання - 29,92 млн тонн, що відповідає рівню завантаження 62%.

Більше половини світового виробництва ПВХ зосереджено в Азії, при чому 20% в Китаї. Найбільшими світовими продуцентами поліхлорвінілу є корпорації: *Shin-Etsu* (Японія) - 2,77 млн т, *Formosa Plastics* (Тайвань) - 2,65 млн т і *OxyVinyls* (США) - 2,03 млн т. Станом на 2011 рік найбільший показник виробничих потужностей найбільших продуцентів ПВХ був у:

- *Kerling* (Великобританія) – 2,04 млн т.
- *Shin-Etsu* (Японія) – 3,75 млн т;
- *LG Chem* (Південна Корея) – 2,35 млн т;
- *Solvay* (Бельгія) – 2,65 млн т;
- *Formosa Plastics* (Тайвань) – 3,33 млн т;

У Росії на той же період величина виробництва становила 579,1 тис. т, а виробнича потужність сумарно склала 634,9 тис. т.

Сьогодні існують багато методів отримання полівінілхлориду, але найбільш поширеними є 4 із них. Вони принципово різні та представлені у порядку убудови поширення:

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- полімеризація зависі: метод отримання ПВХ шляхом полімеризації в краплях емульсії, яку було отримано диспергуванням мономера у воді, де також були присутні стабілізатор емульсії та мономер-розчинного ініціатора реакції;

Зазвичай масові складники для такої реакції такі:

- хлористий вініл – 34,5%;
- вода – 63,4%;
- ініціатор (наприклад, органічний пероксид) – 0,25%;
- стабілізатор (наприклад, полівініловий спирт) – 0,15%.

- полімеризація дисперсійна: метод отримання ПВХ шляхом полімеризації хлорвінілу у воді за присутності поверхнево-активних речовин (ПАР) і водорозчинних ініціаторів (наприклад, пероксиоцтова кислота, пероксид водню та ін.);

- полімеризація в масі: метод отримання ПВХ шляхом полімеризації вінілхлориду цілком, без води, поверхнево-активних речовин, розчинників та інших допоміжних компонентів (за ініціаторів);

- полімеризація в розчині: своєрідний метод, дуже не звичайний і тому рідкісний, застосовується для синтезу співполімерів, що беруть участь у створенні полімерних оболонок.

Найпоширенішим є перший метод, який використовується майже у 80% виробництв, при чому найбільшу популярність мають технології:

1. *Chisso PVC Process*;
2. *Vinnolit Suspension PVC Process*.

1. Компанія *Chisso* являється лідером японської полімерної промисловості – створила сучасний спосіб виробництва ПВХ: *Chisso PVC Process*. Серед особливостей цього способу можна виділити: високу якість продукту, використання нешкідливої для довкілля технології, низькі стартові інвестиції та затрати.

Chisso PVC Process застосовується на 20 підприємствах по всьому світу, потужність яких сумарно складає понад 1,6 млн т щороку.

2. Метод полімеризації зависі хлорвінілу було винайдено і запатентовано в 1935 році компанією *Wacker Chemie GmbH*, яка була однією із засновників корпорації *Vinnolit*. Пройшовши шлях багаторазових удосконалень, *Vinnolit*

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Suspension PVC Process заслужено опинився одним із найсучасніших та економічно ефективних процесів в усьому світі.

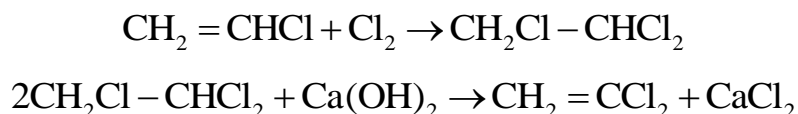
Реакція полімеризації зависі виконується періодичним шляхом (об'єм реактора близько 182 м³), при цьому особливість конструкції дозволяє результативно відводити надлишкову теплоту з реакційної суміші без використання води для охолодження, забезпечуючи у такий спосіб високу продуктивність. Окрім цього, специфіка методу дозволяє отримати вихідний продукт із зведеним до мінімуму вмісту хлористого вінілу, який не прореагував, без використання температурного виділення газів, зберігаючи тим самим структуру полімеру.

Інші напрями використання

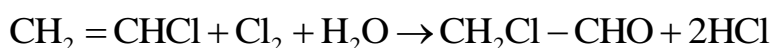
Решту хлорвінілу можуть використовувати для синтезу співполімерів з мономерів (вінілацетату та ін.).

Вінілхлорид також використовують для отримання хімічних речовин (близько 1%):

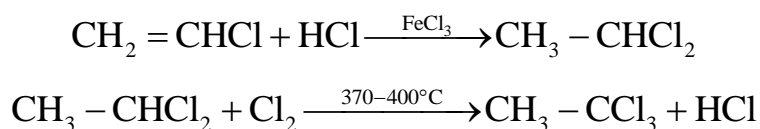
- вініліденхлорид:



- хлоретаналь:



- 1,1,1-трихлоретан:



У минулому столітті хлористий вініл використовувався в ролі холодоагенту, а також був складником деяких косметичних засобів.

1.5 Постановка задачі оптимізації

Технологічний процес синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі є досить складним і для його ефективного функціонування необхідно підтримувати усі задані режими перебігу процесу. Для попередження будь-яких відхилень нам необхідний постійний контроль параметрів процесу за

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою регулюючих та контрольних-вимірювальних приладів, які було об'єднано в систему керування.

Завданням дипломного проекту є створення сучасної системи автоматичного контролю та регулювання за контактним апаратом у процесі синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі та розробка схеми автоматичного контролю та керування усім процесом загалом.

Представлена система керування забезпечує такі показники:

- мінімальні енергозатрати на всіх етапах виробництва;
- досягнення найвищого рівня надійності та контролю процесу;
- отримання більш якісного вихідного продукту шляхом усунення всіх недоліків процесу;
- вдосконалення дистанційного керування процесом на всіх його етапах;
- зведення до мінімуму виникнення аварійних ситуацій на виробництві;
- стабілізація заданих режимів технологічного процесу шляхом вимірювання значень технологічних параметрів, їх обробки, візуального представлення, і подачі керуючих впливів в режимі реально часу на виконавчі механізми, як в автоматичному режимі, так і в результаті дій технолога-оператора;
- забезпечення адміністративно-технічного персоналу виробництва необхідною інформацією щодо технологічного процесу синтезу хлористого вінілу для вирішення завдань контролю, обліку, аналізу, планування й управління виробничою діяльністю.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ ХЛОРИСТОГО ВІНІЛУ ГІДРОХЛОРУВАННЯМ АЦЕТИЛЕНУ В ГАЗОВІЙ ФАЗІ

2.1 Аналіз основних параметрів виробництва

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі слід передбачити автоматичний контроль таких параметрів:

- Концентрацію ацетилену, що входить в гідравлічний затвор 1;
- Тиск, який нагнітає в систему компресор 2;
- Температуру суміші на виході з холодильника 4;
- Вологість ацетилену, що входить в змішувач 7;
- Витрату хлористого водню, що входить в змішувач 7;
- Витрату мастила, що входить в контактний апарат 8;
- Концентрацію газової суміші, яка входить в контактний апарат 8;
- Температуру контактного газу в контактному апараті 8 (120-200 °С);
- Концентрацію контактного газу, що входить у скруббер 9;
- Концентрацію розчину лугу, що входить у скруббер 10;
- Температуру контактного газу, що входить у холодильник 11;
- Вологість газової суміші, що входить у дистиляційну колону 13;
- Рівень хлористого вінілу в дистиляційній колоні 13;
- Температуру хлористого вінілу на вході в дистиляційну колону 13;
- Температуру розсолу на вході в конденсатор 14;
- Температуру аміаку на вході в апарат 15;
- Концентрацію ацетилену на виході з колони 16;
- Рівень хлористого вінілу у відгінній колоні 16;
- Температуру в апараті 16;
- Концентрацію хлористого вінілу, який виходить зі збірника хлористого вінілу 18;

Результати аналізу подані у таблиці 2.1.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Параметри контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід, ацетилен	Концентрація	97%	Контроль, сигналізація
2	Трубопровід	Тиск	0,4...0,5 атм	Контроль, сигналізація
3	Трубопровід, ацетилен	Температура	3...5 °С	Контроль
4	Трубопровід, ацетилен	Вологість	-	Контроль
5	Трубопровід, хлористий водень	Витрата	-	Контроль, регулювання
6	Трубопровід, мастило	Витрата	-	Контроль, регулювання
7	Контактний апарат, контактний газ	Температура	120...200 °С	Контроль
8	Трубопровід, контактний газ	Концентрація	93%	Контроль, регулювання
9	Трубопровід, луг	Концентрація	40%	Контроль
10	Холодильник, контактний газ	Температура	-10 °С	Контроль, регулювання
11	Трубопровід, контактний газ	Вологість	-	Контроль
12	Тарілчаста колона, суміш газів	Рівень	-	Контроль, сигналізація
13	Трубопровід, хлористий вініл	Температура	-30 °С	Контроль, регулювання
14	Трубопровід, розсіл	Температура	-35 °С	Контроль
15	Трубопровід, аміак	Температура	-	Контроль
16	Трубопровід, ацетилен	Концентрація	1...5%	Контроль
17	Відгінна колона, хлористий вініл	Температура	-30%	Контроль
18	Відгінна колона, хлористий вініл	Рівень	-	Контроль, сигналізація
19	Збірник, хлористий вініл	Концентрація	99%	Контроль, регулювання

2.2 Розробка схеми автоматизації

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема автоматичного контролю за процесом синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі включає в себе ряд контурів контролю і сигналізації.

До контурів контролю входять контури контролю витрати, тиску, рівня, якості та температури.

Контур 1 забезпечує контроль концентрації ацетилену на вході у гідравлічний затвор 1 та включає: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (1а); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (1б).

Контур 2 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему компресор 2 та включає: вимірювач тиску – вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску (2а); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (2б).

Контур 3 забезпечує контроль температури ацетилену на трубопроводі 17 та включає: термоперетворювач опору типу ТСПУ з уніфікованим вихідним сигналом (3а); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (3б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатфункціональний високопродуктивний (3в) для регулювання контуром 4.

Контур 5 забезпечує контроль вологості хлористого водню на вході у змішувач 7 та включає: вимірювач якості – первинний перетворювач гігрометра автоматичного Корунд-М (5а); вимірювальний блок гігрометра автоматичного Корунд-М (5б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (5в).

Контур 6 забезпечує контроль витрати хлористого водню на вході у змішувач 7 та включає: витратомір – діафрагма камерна (6а); вихровий витратомір (6б); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад (6в), контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатфункціональний високопродуктивний (6г) для регулювання контуром 7.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контур 8 контроль витрати контактного газу на вході у апарат 8 та включає: витратомір – діафрагма камерна (8а); вихровий витратомір (8б); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад (8в), контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний (8г) для регулювання контуром 9 та для реалізації співвідношення витрат.

Контур 10 забезпечує контроль температури реакційної маси у контактному апараті 8 та включає: термоелектричний перетворювач типу ТХА (10а); перетворювач нормувальний (10б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (10в).

Контур 11 забезпечує контроль концентрації контактного газу на виході з контактного апарату 8 та включає: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (11а); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад (11б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний (11в) для регулювання контуром 12.

Контур 13 забезпечує контроль концентрації лугу на вході скрубера 10 та включає: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (13а); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (13б).

Контур 14 забезпечує контроль температури контактної газу в холодильнику 11 та включає: термоперетворювач опору типу ТСПУ з уніфікованим вихідним сигналом (14а); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (14б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний (14в) для регулювання контуром 15.

Контур 16 забезпечує контроль вологості контактної газу на виході з апарату для осушки та включає: вимірювач якості – первинний перетворювач гігрометра автоматичного Корунд-М (16а); вимірювальний блок гігрометра автоматичного

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корунд-М (16б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (16в).

Контур 17 забезпечує контроль рівня кубової рідини в дистиляційній колоні та включає: рівнемір – первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (17а); проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (17б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (17в).

Контур 18 забезпечує контроль температури хлористого вінілу з апарату 15 та включає: термоперетворювач опору типу ТСПУ з уніфікованим вихідним сигналом (18а); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (18б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатфункціональний високопродуктивний (18в) для регулювання контуром 19.

Контур 20 забезпечує контроль температури розсолу на вході у конденсатор 14 та включає: термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом (20а); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (20б).

Контур 21 забезпечує контроль температури аміаку на вході в апарат 15 та включає: термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом (21а); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (21б).

Контур 22 забезпечує контроль концентрації газу на виході дистиляційної колони 16 та включає: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (22а); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (22б).

Контур 23 забезпечує контроль температури розсолу у відгінній колоні 16 та включає: термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом (23а); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (23б).

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контур 24 забезпечує контроль рівня хлористого вінілу у відгінній колоні та включає: рівнемір – первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (24а); проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (24б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (24в).

Контур 25 забезпечує контроль концентрації хлористого вінілу на виході з апарату 18 та включає: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (25а); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад (25б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатofункціональний високопродуктивний (25в) для регулювання контуром 26.

Контур 27 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП1), кнопку запобіжного вимикання (SA1), пост управління кнопковий (SB1, SB2), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL21, HL22).

Контур 28 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП2), кнопку запобіжного вимикання (SA2), пост управління кнопковий (SB3, SB4), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL23, HL24).

Контур 29 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП3), кнопку запобіжного вимикання (SA3), пост управління кнопковий (SB5, SB6), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL25, HL26).

Контур 30 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП4), кнопку запобіжного вимикання (SA4), пост управління кнопковий (SB7, SB8), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL27, HL28).

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контур 31 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП5), кнопку запобіжного вимикання (SA5), пост управління кнопковий (SB9, SB10), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL29, HL30).

Контур 32 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП6), кнопку запобіжного вимикання (SA6), пост управління кнопковий (SB11, SB12), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL31, HL32).

Контур 33 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП7), кнопку запобіжного вимикання (SA7), пост управління кнопковий (SB13, SB14), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL33, HL34).

Контур 34 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП8), кнопку запобіжного вимикання (SA9), пост управління кнопковий (SB15, SB16), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL35, HL36).

Контур 35 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП9), кнопку запобіжного вимикання (SA9), пост управління кнопковий (SB17, SB18), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL37, HL38).

Контур 36 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП10), кнопку запобіжного вимикання (SA10), пост управління кнопковий (SB19, SB20), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL39, HL40).

Контур 37 здійснює дистанційне керування роботою електроприводів, що включає: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП11), кнопку запобіжного вимикання (SA11), пост управління кнопковий (SB21, SB22), лампи сигнальні світлодіодні із червоним та зеленим індикаторами (HL41, HL42).

Контур 38 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (38а), датчик-реле тиску (38б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL43, HL44).

Контур 39 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (39а), датчик-реле тиску (39б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL45, HL46).

Контур 40 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (40а), датчик-реле тиску (40б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL47, HL48).

Контур 41 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (41а), датчик-реле тиску (41б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL49, HL50).

Контур 42 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (42а), датчик-реле тиску (42б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL51, HL52).

Контур 43 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (43а), датчик-реле тиску (43б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL53, HL54).

Контур 44 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (44а), датчик-реле тиску (44б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL55, HL56).

Контур 45 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (45а), датчик-реле тиску (45б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL57, HL58).

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контур 46 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (46а), датчик-реле тиску (46б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL59, HL60).

Контур 47 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (47а), датчик-реле тиску (47б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL61, HL62).

Контур 48 забезпечує контроль тиску, який нагнітає в систему насос 1 та включає: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (48а), датчик-реле тиску (48б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL63, HL64).

2.3 Розробка схеми технологічної сигналізації та аварійного захисту

Розглянемо постановку задачі сигналізації й аварійному захисту електродвигунів у схемі технологічного процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі. Загалом на схемі автоматизації присутні 11 електродвигунів, але всі вони досить ідентичні, тому принципово електричну схему розроблено для 4 із них.

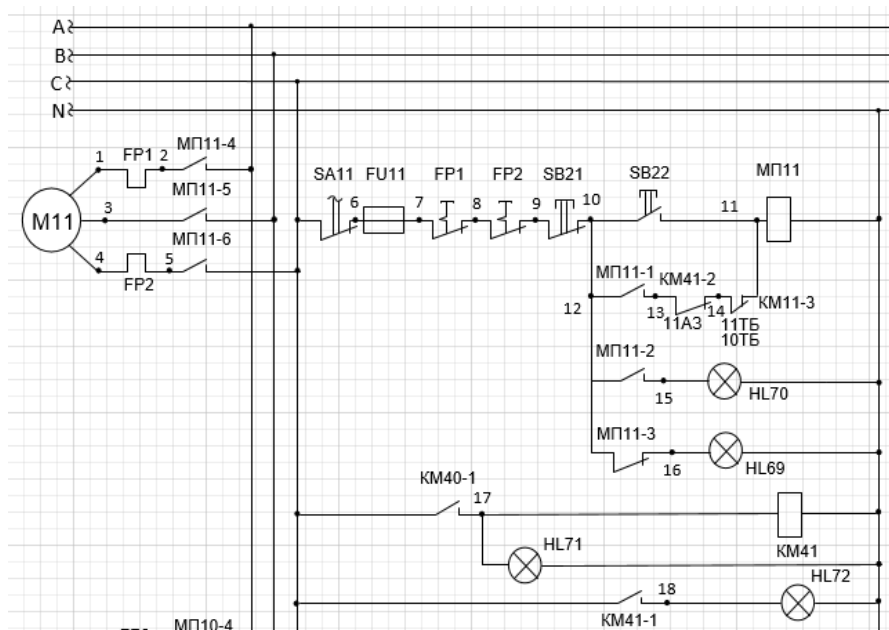


Рис. 2.1. Принципова електрична схема дистанційного керування й аварійного захисту двигунів

При натисканні кнопки включення електродвигуна повинен спрацювати магнітний пускач і замкнутися нормально розімкнутий контакт, що замикає ланцюг цього магнітного пускача. Замикаються також контакт сигналізації включення магнітного пускача і три контакти живлення електродвигуна. У той же час, розмикається нормально розімкнутий контакт сигналізації виключення магнітного пускача. Захист електродвигуна передбачає термічний захист, що дозволяє відключити двигун при перегріві, а також плавкий запобіжник.

Сигналізація спрацьовує при досягненні максимального чи мінімального значення контролюваного параметра. Замкнеться контакт в приладі КМ21-1 і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту КМ22. Реле КМ22 спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт нормально замкнений розмикається і гасне зелена лампочка, а контакт нормально розімкнутий замикається і загорається червона лампочка. Реле спрацьовує і контакти перемикаються назад.

На принциповій електричній схемі креслення ДП ЛА52.17.02.000 СхЕ показано схема технологічної сигналізації, що для вмикання і вимикання живлення електродвигунів використовуються магнітні пускачі – МП8, МП9, МП10, МП11 і т. д.

Для захисту живлення електродвигунів від перевантаження та короткого замикання використовуються автоматичні вимикачі – FP1, FP2, FP3, FP4, FP5, FP6, FP7, FP8 і т. д.

Для запобігання згорання магнітних пускачів в ланцюги струму підключаються плавкі запобіжники – FU8, FU9, FU10, FU11 і т. д.

Для вимикання живлення встановлюються кнопки вимикання живлення електродвигунів – SB16, SB18, SB20, SB22 і т. д.

Для вмикання живлення встановлюються кнопки вмикання живлення електродвигунів – SB15, SB17, SB19, SB21 і т. д.

Для сигналізації увімкнутих електродвигунів встановлюються лампочки зеленого кольору – HL57, HL59, HL61, HL63 і т. д.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сигналізації вимкнутих електродвигунів встановлюються лампочки червоного кольору – HL58, HL60, HL62, HL64 і т. д.

2.4 Розробка монтажно-комутаційної схеми

Для дистанційного запуску електродвигуна насоса 11 використовується магнітний пускач МП11, який керується із щита керування кнопками SB21 - для увімкнення та SB22 - для вимкнення. Сигнальні лампи HL63 та HL43 – є індикаторами увімкнення або вимкнення двигуна. SA11 - кнопка запобіжного відключення, яка знаходиться на двигуні.

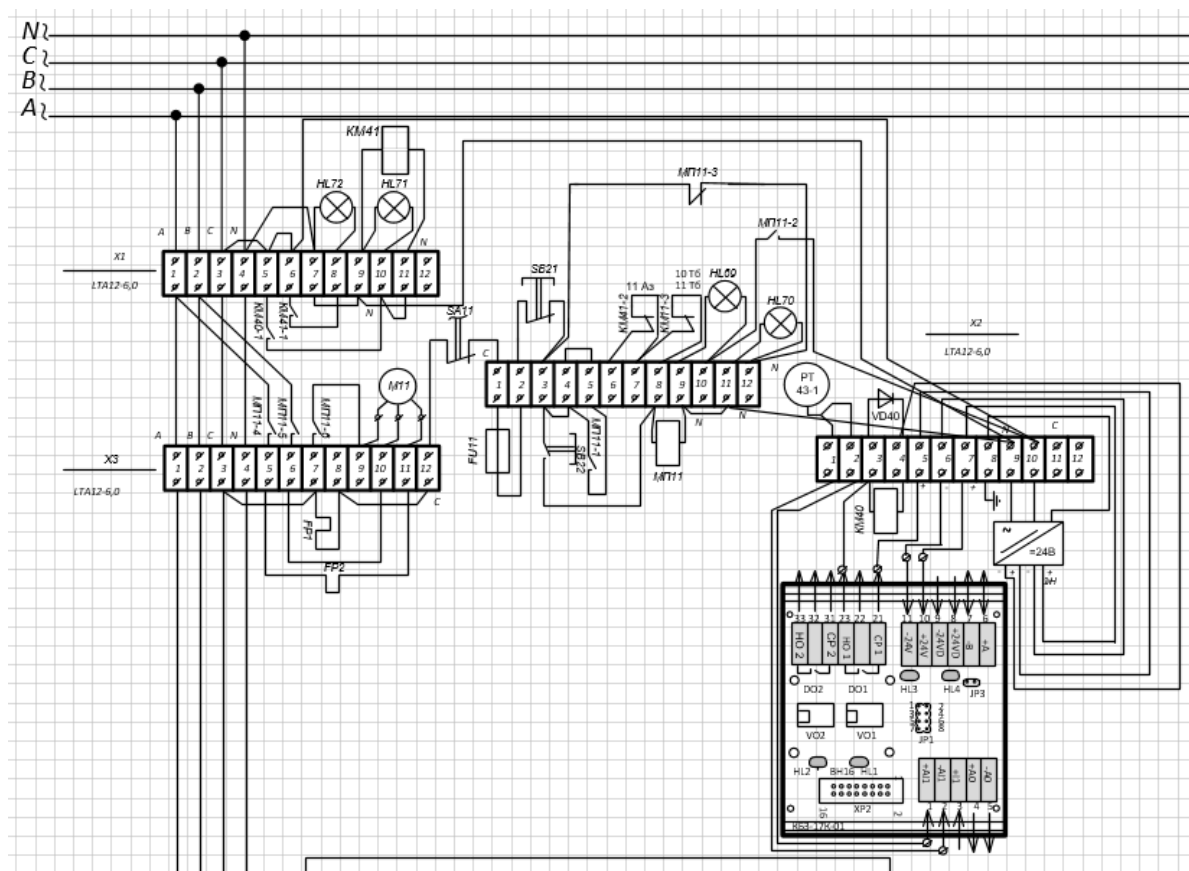


Рис. 2.2. Схема комутації електродвигуна 11

Дистанційному керуванню підлягають:

- електропривід насоса M1 (SB1, SB2, SA1 на пульті керування);
- електропривід насоса M2 (SB3, SB4, SA2 на пульті керування);
- електропривід насоса M3 (SB5, SB6, SA3 на пульті керування);
- електропривід насоса M4 (SB7, SB8, SA4 на пульті керування);
- електропривід насоса M5 (SB9, SB10, SA5 на пульті керування);
- електропривід насоса M6 (SB11, SB12, SA6 на пульті керування);

- електропривід насоса M7 (SB13, SB14, SA7 на пульті керування);
- електропривід насоса M8 (SB15, SB16, SA8 на пульті керування);
- електропривід насоса M9 (SB17, SB18, SA9 на пульті керування);
- електропривід насоса M10 (SB19, SB20, SA10 на пульті керування);
- електропривід насоса M11 (SB21, SB22, SA11 на пульті керування).

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОГО АПАРАТУ

Контактний апарат має досить важливе значення для виробництва хлористого вінілу, адже саме в ньому протікає реакція утворення хлористого вінілу. Тому було вирішено доцільним розробити якісну систему керування саме цим апаратом для досягнення високої якості кінцевого продукту.

3.1. Аналіз об'єкту керування

Реакція утворення хлористого вінілу протікає з виділенням тепла. Надлишок тепла відводиться циркулюючим у міжтрубному просторі маслом, яке охолоджується у виносному холодильнику до 70 °С.

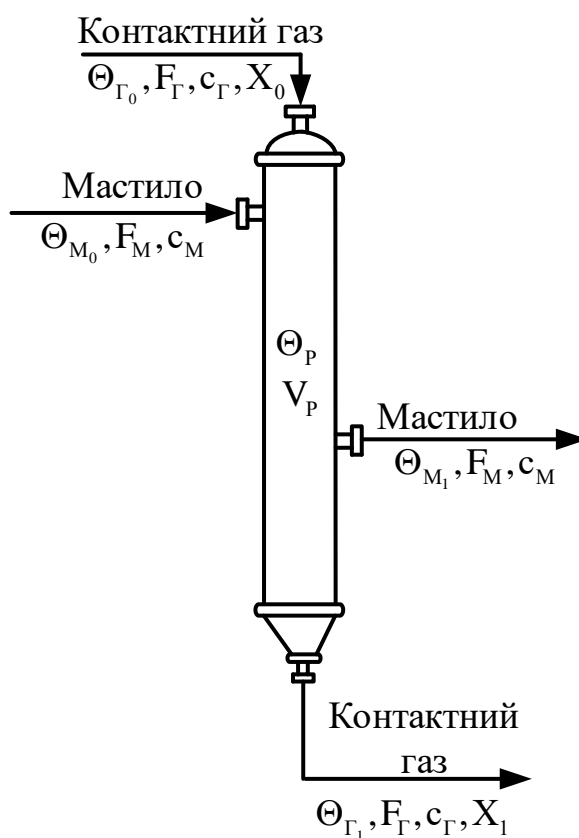


Рис 3.1. Схема контактної колонки

На схемі позначені такі технологічні параметри:

$\theta_{Г_0}, F_{Г}, c_{Г}, X_0$ – температура, витрата, теплоємність та концентрація контактного газу на вході в апарат;

$\theta_{М_0}, F_{М}, c_{М}$ – температура, витрата та теплоємність мастила на вході;

$\theta_{М_1}, F_{М}, c_{М}$ – температура, витрата та теплоємність мастила на виході;

$\theta_{Г_1}, F_{Г}, c_{Г}, X_1$ – температура, витрата, теплоємність та концентрація контактного газу на виході;

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

θ_p, V_p – температура та об'єм реакційної маси в апараті.

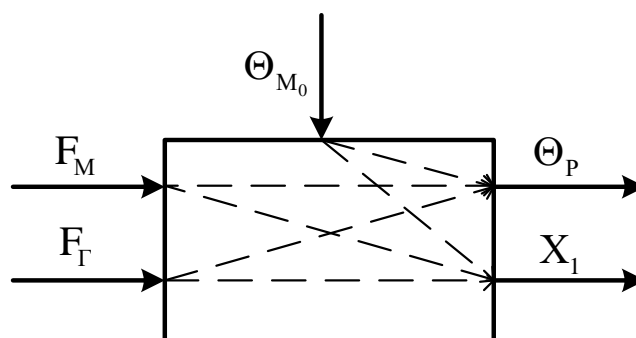


Рис.3.2. Структурно-параметрична схема можливих каналів регулювання контактного апарату

З вище наведеної схеми випливає, що найважливішим параметром керування в процесі є концентрація контактного газу на виході. Це зумовлено тим, що весь процес далі відбувається за досягнення вказаної концентрації речовини в суміші.

Керувати температурою реакційної маси можна за допомогою таких параметрів: витратою контактного газу або витратою мастила на вході в контактний апарат. Обираємо канал керування «витрата мастила – температура реакційної маси».

Визначальними параметрами (вихідною регульованою величиною) контактного апарату є концентрація контактного газу X_1 та температура всередині апарату θ_p .

Керуючими діями є витрата контактного газу F_Γ та витрата масла F_M .

Збуренням будемо вважати температуру масла на вході в апарат θ_{M_0} .

При моделюванні статичного та динамічного режимів контактного газу робимо такі припущення:

- кількість масла яке зайшло в апарат та вийшло однакове ($F_{M_0} = F_{M_1}$);
- зміна температури розчину по довжині апарату носить лінійний характер;
- втрати тепла в навколишнє середовище з боку контактного газу відсутні;
- об'єм масла V_M та контактного газу V_Γ в апараті вважаємо постійним;
- тиск в апараті постійний.

3.2. Моделювання статичного режиму

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий баланс для контактного апарату:

$$F_M \cdot \theta_{M_0} \cdot c_M - F_M \cdot \theta_{M_1} \cdot c_M + F_{\Gamma} \cdot \theta_{\Gamma_0} \cdot c_{\Gamma} - F_{\Gamma} \cdot \theta_{\Gamma_1} \cdot c_{\Gamma} - K \cdot S \cdot (\theta_P - \frac{\theta_{M_1} + \theta_{M_0}}{2}) = 0$$

Створимо рівняння статички для каналів «витрата мастила – температура реакційної маси» та «температура мастила на вході – температура реакційної маси»:

$$\theta_P = \frac{K \cdot S \cdot (\theta_{M_1} + \theta_{M_0}) + 2 \cdot (F_M \cdot c_M \cdot (\theta_{M_1} - \theta_{M_0}) + F_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot (\theta_{\Gamma_1} - \theta_{\Gamma_0}))}{2 \cdot K \cdot S}$$

Спростимо його, шляхом математичних обрахунків для кращої візуалізації:

$$\theta_P(F_M) = \frac{61500 \cdot F_M}{1417} + 120.017$$

$$\theta_P(\theta_{M_0}) = 1,368 \cdot \theta_{M_0} - 74,1468$$

Побудуємо статичні характеристики для каналу «витрата мастила – температура реакційної маси» $\theta_P = f(F_M)$:

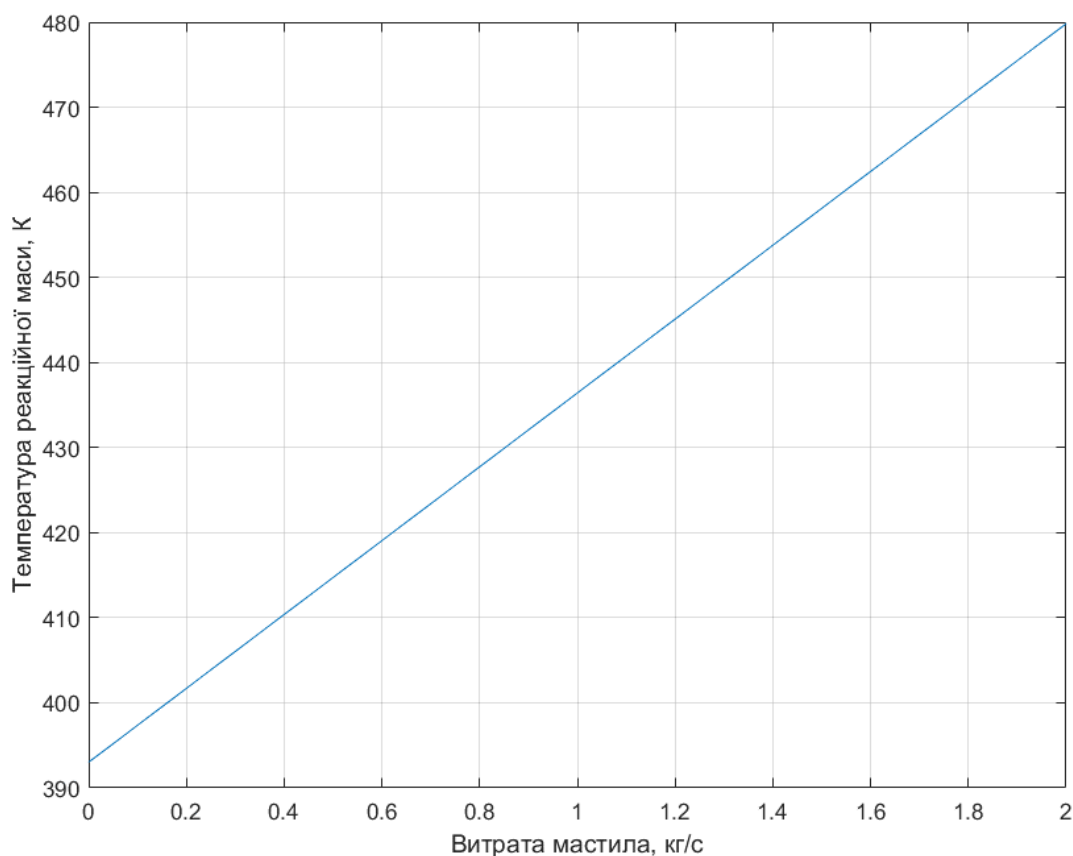


Рис. 3.3. Статична характеристика за каналом «керування-вихід»

та для каналу «температура мастила на вході – температура реакційної маси» $\theta_p = f(\theta_{M_0})$:

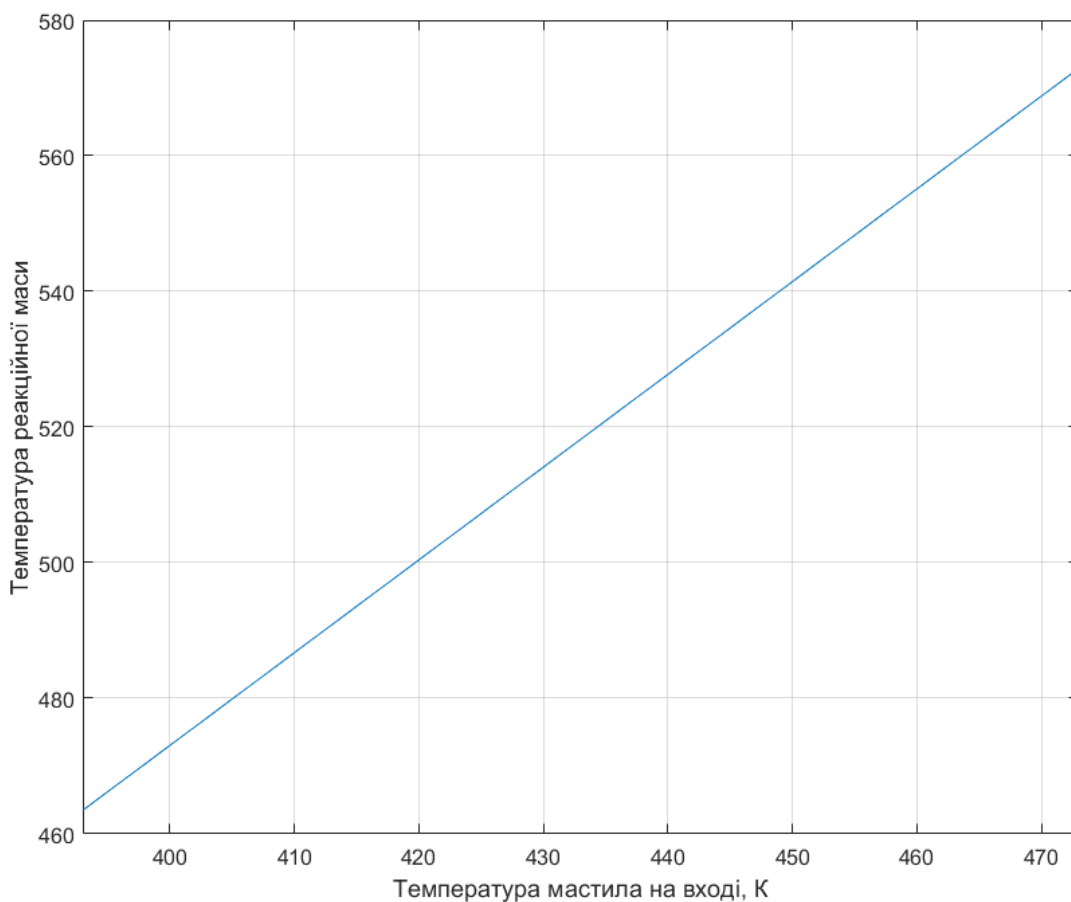


Рис. 3.4. Статична характеристика за каналом «збурення-вихід»

Для визначення коефіцієнтів рівнянь та передатних функцій використовуються значення параметрів в основному статичному режимі, які наведені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 Значення параметрів в основному статичному режимі

№ п/п	Назва параметру	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Витрата контактного газу	F_{Γ}	кг/с	0,73
2	Витрата масла	F_M	кг/с	1,2
3	Температура контактного газу на вході в апарат	θ_{Γ}	°К	363
4	Температура контактного газу на виході з апарату	$\theta_{\Gamma 1}$	°К	393
5	Температура масла на вході в апарат	θ_{M0}	°К	453

6	Температура масла на виході з апарату	θ_{m1}	°К	393
7	Теплоємність контактного газу	C_{Γ}	кДж/кг·°К	3,88
8	Теплоємність масла	C_m	кДж/кг·°К	2,05
9	Добуток коефіцієнта теплопередачі на поверхню теплопередачі	$K \cdot S$	кДж/с·°К	2,834
10	Об'єм реакційної маси	V_p	м ³	0,19
11	Густина реакційної маси	ρ	кг /м ³	7,9

3.3. Моделювання динамічного режиму

Рівняння динаміки для контактного апарату описується наступним рівнянням:

$$F_M \cdot c_M \cdot (\theta_{M_0} - \theta_{M_1}) + F_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot (\theta_{\Gamma_0} - \theta_{\Gamma_1}) - K \cdot S \cdot (\theta_P - \frac{\theta_{M_1} + \theta_{M_0}}{2}) = V_P \cdot \rho_P \cdot c_P \frac{d\theta_P}{dt}$$

Проведемо лінеаризацію даного рівняння.

Змінні, які підлягають лінеаризації: $F_M, \theta_{M_0}, \theta_P$.

$$\Delta F_M \cdot c_M \cdot (\Delta \theta_{M_0} - \theta_{M_1}) + F_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot (\theta_{\Gamma_0} - \theta_{\Gamma_1}) - K \cdot S \cdot (\Delta \theta_P - \frac{\theta_{M_1} + \Delta \theta_{M_0}}{2}) = V_P \cdot \rho_P \cdot c_P \frac{d\Delta \theta_P}{dt}$$

Перетворимо отримане рівняння за Лапласом для каналу «керування-вихід»:

$$F_M(p) \cdot c_M \cdot (\theta_{M_0} - \theta_{M_1}) + F_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot (\theta_{\Gamma_0} - \theta_{\Gamma_1}) - K \cdot S \cdot (\theta_P(p) + \frac{\theta_{M_1} + \theta_{M_0}}{2}) = V_P \rho_P c_P \cdot p \cdot \theta_P(p)$$

Тепер зможемо отримати передавальну функцію:

$$W_{F_M \rightarrow \theta_P}(p) = \frac{\theta_P(p)}{F_M(p)} = \frac{c_M(\theta_{M_0} - \theta_{M_1})}{(V_P \cdot c_P \cdot \rho_P) \cdot p + K \cdot S}$$

Провівши аналогічні дії для каналу «збурення-вихід» отримаємо такі рівняння:

$$F_M \cdot c_M \cdot (\theta_{M_0}(p) - \theta_{M_1}) + F_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot (\theta_{\Gamma_0} - \theta_{\Gamma_1}) - K \cdot S \cdot (\theta_P(p) + \frac{\theta_{M_1} + \theta_{M_0}(p)}{2}) = V_P \rho_P c_P \cdot p \cdot \theta_P(p)$$

$$W_{\theta_{M_0} \rightarrow \theta_P}(p) = \frac{\theta_P(p)}{\theta_{M_0}(p)} = \frac{F_M \cdot c_M + \frac{K \cdot S}{2}}{(V_P \cdot c_P \cdot \rho_P) \cdot p + K \cdot S}$$

Із таблиці 3.1 підставляємо значення у рівняння передавальних функцій:

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{F_M \rightarrow \theta_P}(p) = \frac{43,4}{107,23 \cdot p + 1},$$

$$W_{\theta_{M_0} \rightarrow \theta_P}(p) = \frac{1,36}{107,23 \cdot p + 1}.$$

У середовищі MatLab побудуємо перехідні характеристики за каналами керування та збурення, для цього необхідно надрукувати ось такий лістинг коду програми:

```
W = tf(43.4, [107.23 1]);
figure(1), step(W);
W1 = tf(1.36, [107.23 1]);
figure(2), step(W1);
```

Перехідні характеристики за каналом «керування-вихід»:

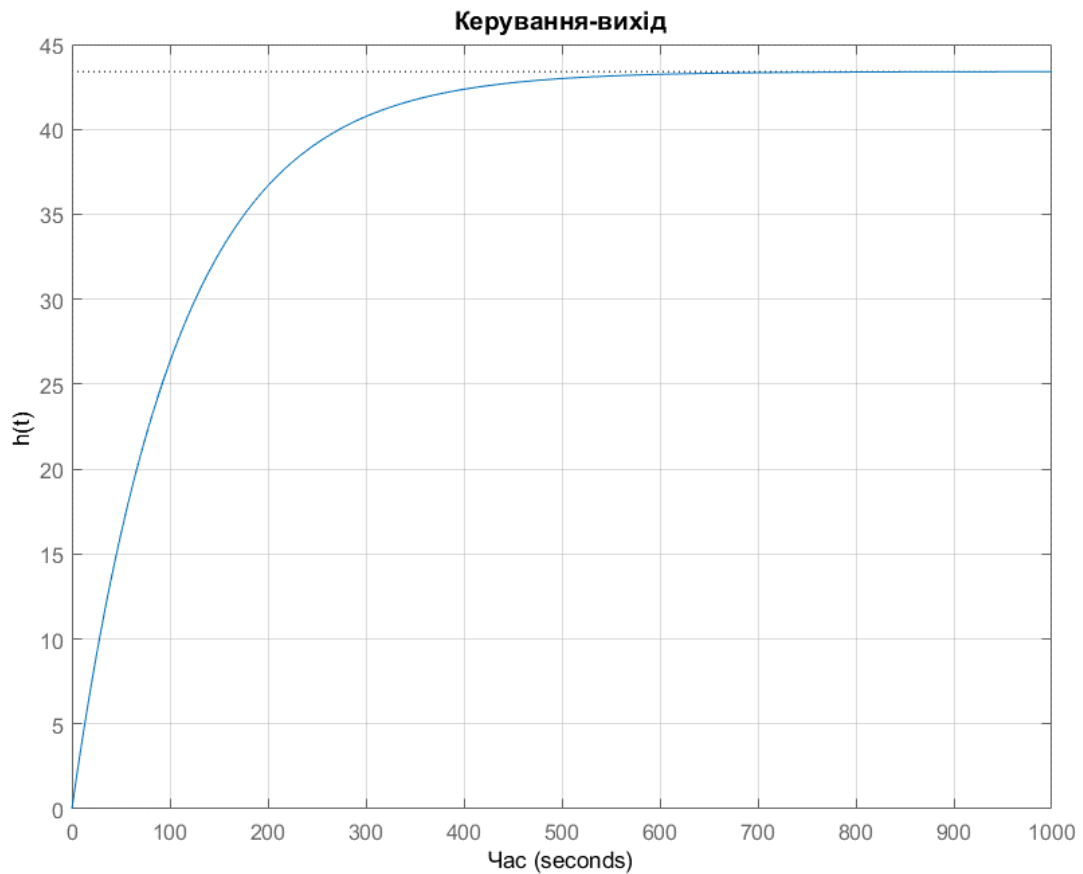


Рис. 3.5. Перехідна характеристика за каналом «керування-вихід»
та за каналом «збурення-вихід»

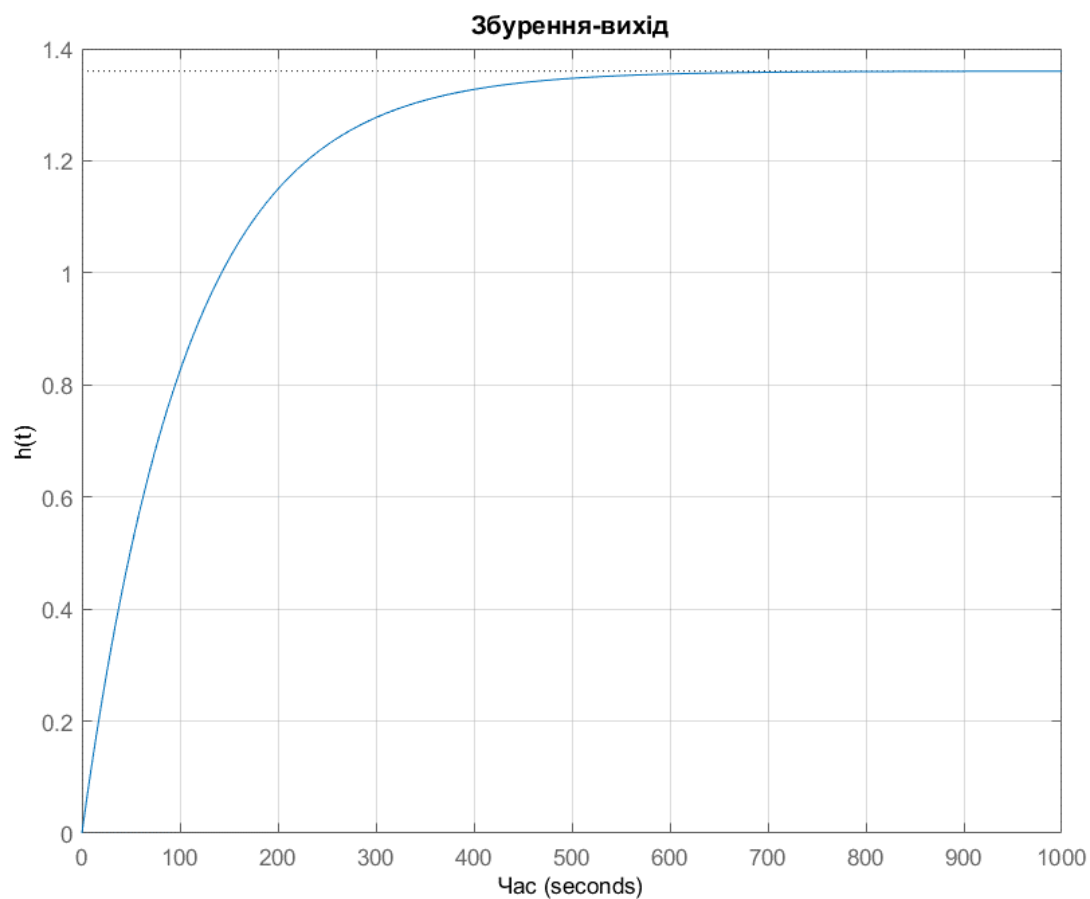


Рис. 3.6. Перехідна характеристика за каналом «збурення-вихід»

4. СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОНТАКТНИМ АПАРАТОМ

4.1 Аналіз показників якості системи керування

Якість системи автоматичного керування визначається виглядом перехідного процесу, тобто поведінку регульованої величини після подачі вхідного збурення або керування.

Прямими ознаками якості процесу керування, що визначається безпосередньо за перехідною характеристикою є:

- сталі значення вихідної величини;
- ступінь загасання;
- час досягнення першого максимуму;
- час регулювання;
- помилка регулювання;
- перерегулювання;
- динамічний коефіцієнт регулювання;
- показник коливності.

Налаштування регулятора за допомогою інтерактивного середовища MatLab SISO Tool

До складу бібліотеки *Control System* входить графічний інтерфейс *SISO Tool Desing*, який дозволяє проектувати лінійні одновимірні стаціонарні системи автоматичного керування методами кореневого годографа та частотних характеристик. Перевагою цього інтерфейсу без сумніву є те, що він забезпечує динамічний зв'язок між параметрами програми, яка проектується, та її характеристиками, які відображаються на основному вікні інтерфейсу.

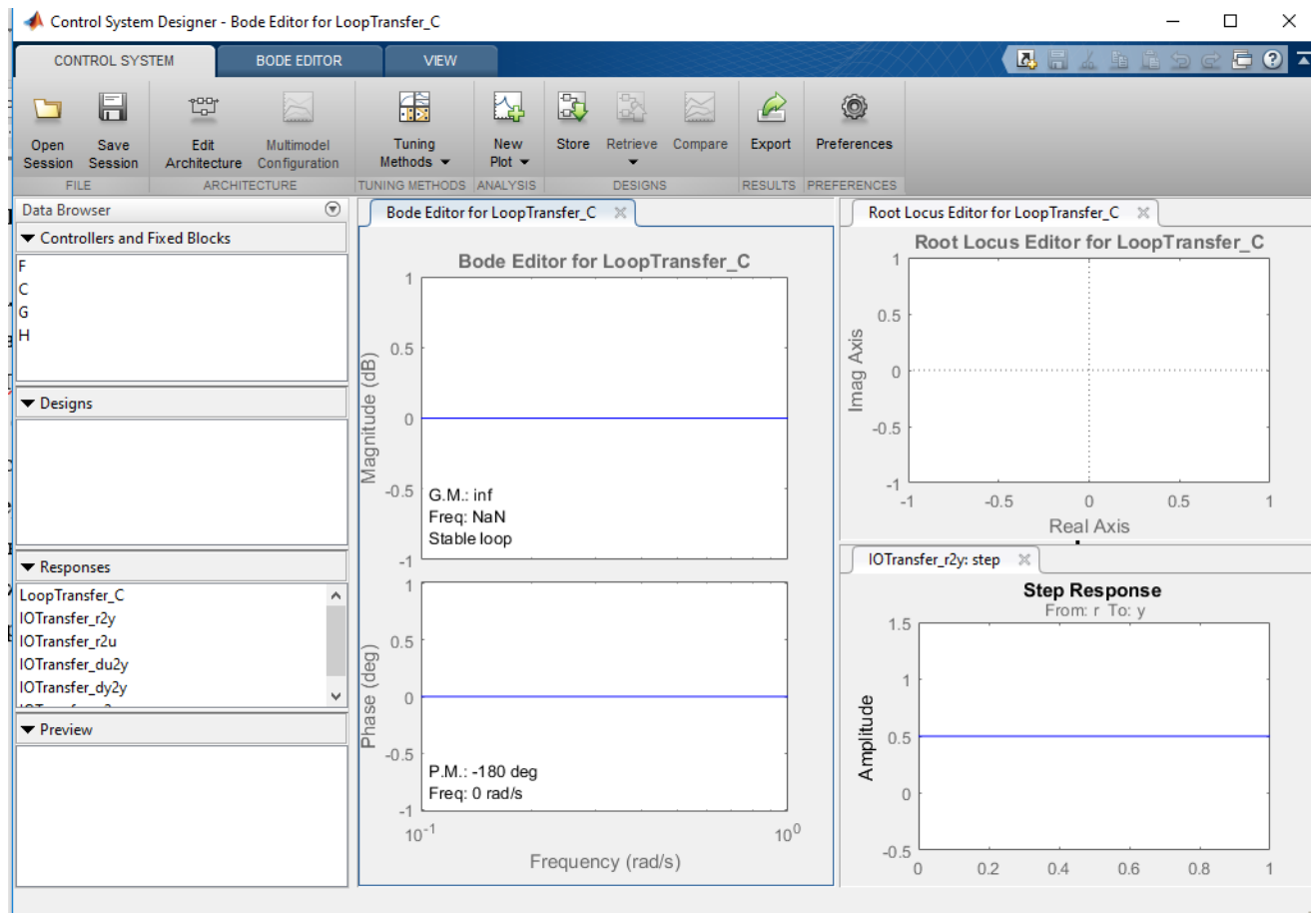


Рис. 4.1. Робоче вікно інтерфейсу SISO Tool

Використаємо інтерфейс SISO Tool для налаштування параметрів регуляторів. Для П- та ПІ- регуляторів передавальні функції буде мати вигляд:

$$W_{II}(p) = K_{II} = 0,11522$$

$$W_{III}(p) = K_{III} \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{III} \cdot p}\right) = \frac{0,2074 \cdot (0,05234 + p)}{p} = 0,2074 + \frac{1}{0,0108 \cdot p}$$

Підставивши коефіцієнти можна побудувати перехідні характеристики системи із регуляторами у SISO Tool:

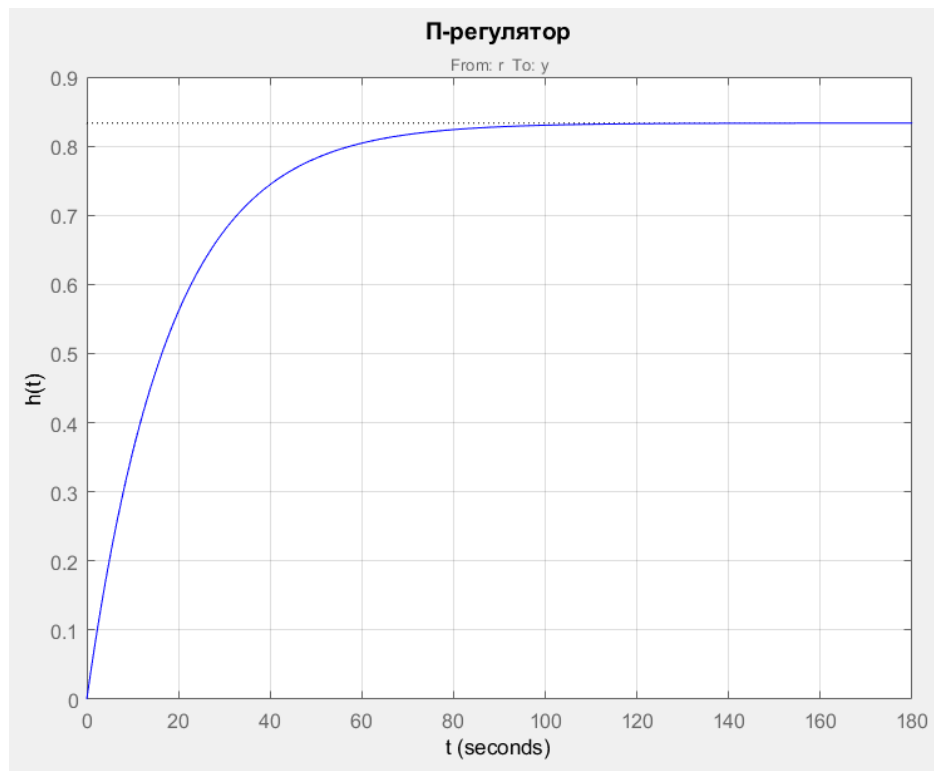


Рис. 4.2. Перехідна характеристика системи із П-регулятором

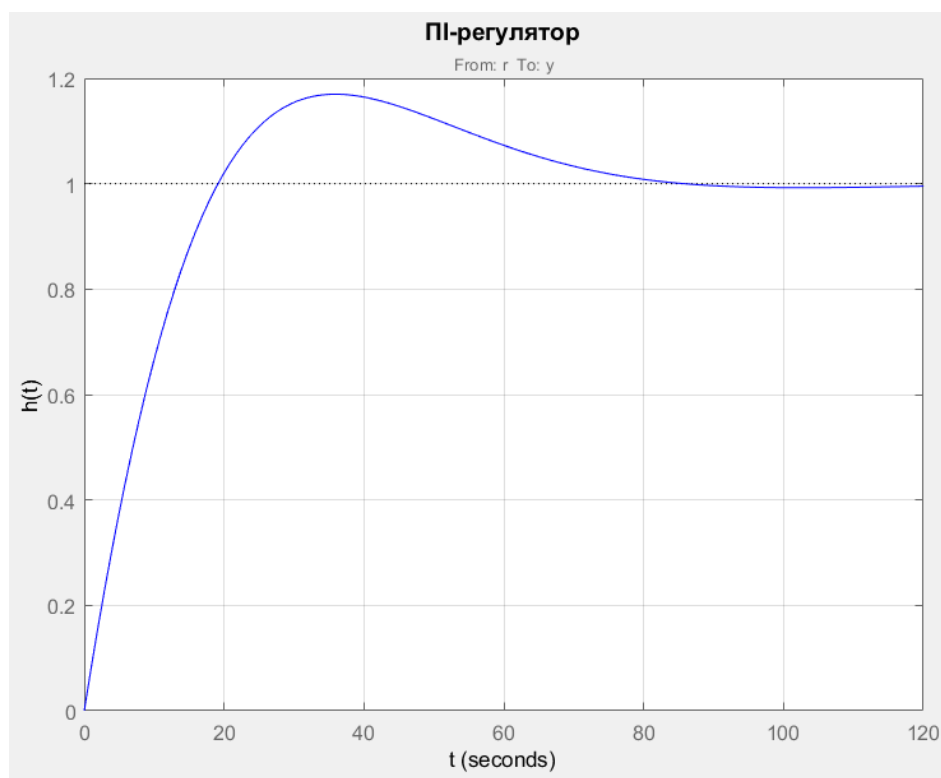


Рис. 4.3. Перехідна характеристика системи із ПІ-регулятором

Із графіків перехідних характеристик очевидно, що для передавальної функції об'єкту П-регулятора не достатньо, тому краще використовувати ПІ-регулятор.

4.2 Розрахунок та моделювання системи керування в Simulink

Simulink – це середовище графічно-імітаційного моделювання, яке здатне створювати динамічні моделі, використовуючи блок-діаграми. Моделі можна будувати неперервні, дискретні та гібридні.

Simulink дає змогу користуватися уже створеними архівами блоків для моделюванням електричних, механічних та гідравлічних систем, та використовувати сучасний модельно-орієнтований критерій для розробки систем керування, засобів зв'язку та приладів реального часу. Додаткові архіви розширень Simulink допускають вирішення задач від розробки ідеї моделі до діагностики, перевірки, створення коду та об'єктної реалізації.

За допомогою середовища Simulink було створено модель керування, із блоком ПІД-регулювання. У цьому блоці можна вибирати тип системи, тип регулятора (П- та ПІ-регулятор для нашого об'єкту), форму запису регулятора та ін.

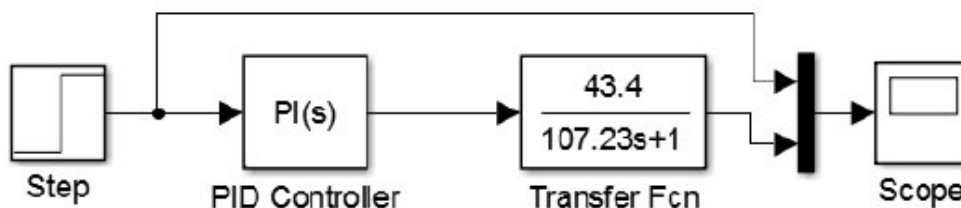


Рис. 4.4. Модель керування із блоком ПІД-регулювання

У середовищі Simulink можливо автоматично визначити коефіцієнти регуляторів для певної передавальної функції, тому для П-регулятора коефіцієнт пропорційності дорівнює $K_P = 0,411$, а для ПІ-регулятора – коефіцієнти дорівнюють $K_P = 0,411$ та $T_i = 0,002$.

Block Parameters: PID Controller

PID Controller
This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: **PI** Form: **Parallel**

Time domain:
☒ Continuous-time
☐ Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: **internal** [Compensator formula](#)

Proportional (P): **1**

Integral (I): **1** $P + I \frac{1}{s}$

Tune...

Initial conditions

Source: **internal**

Integrator: **0**

External reset: **none**

☐ Ignore reset when linearizing
☒ Enable zero-crossing detection

OK Cancel Help Apply

Рис. 4.5. Робоче вікно блоку ПІД-регулювання

Із цими коефіцієнтами було побудовано перехідні характеристики системи керування:

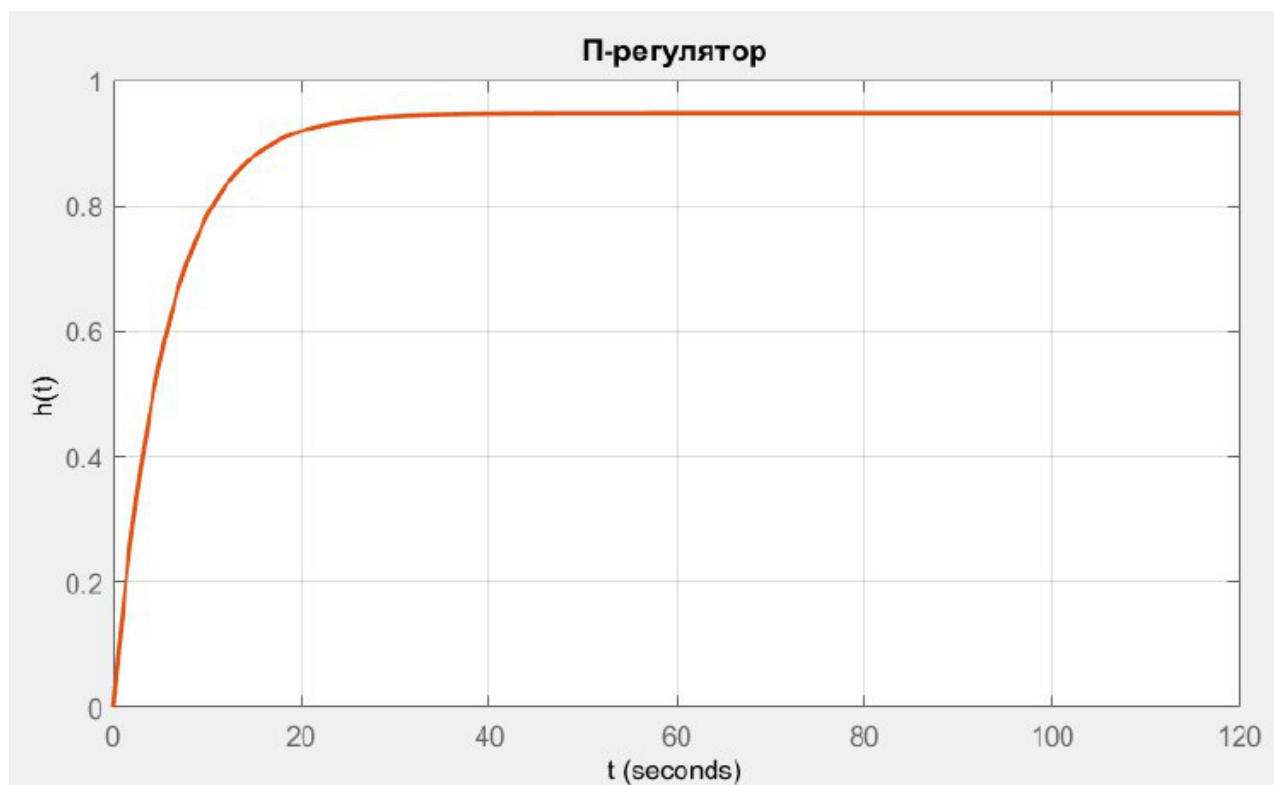


Рис. 4.6. Перехідна характеристика системи із П-регулятором

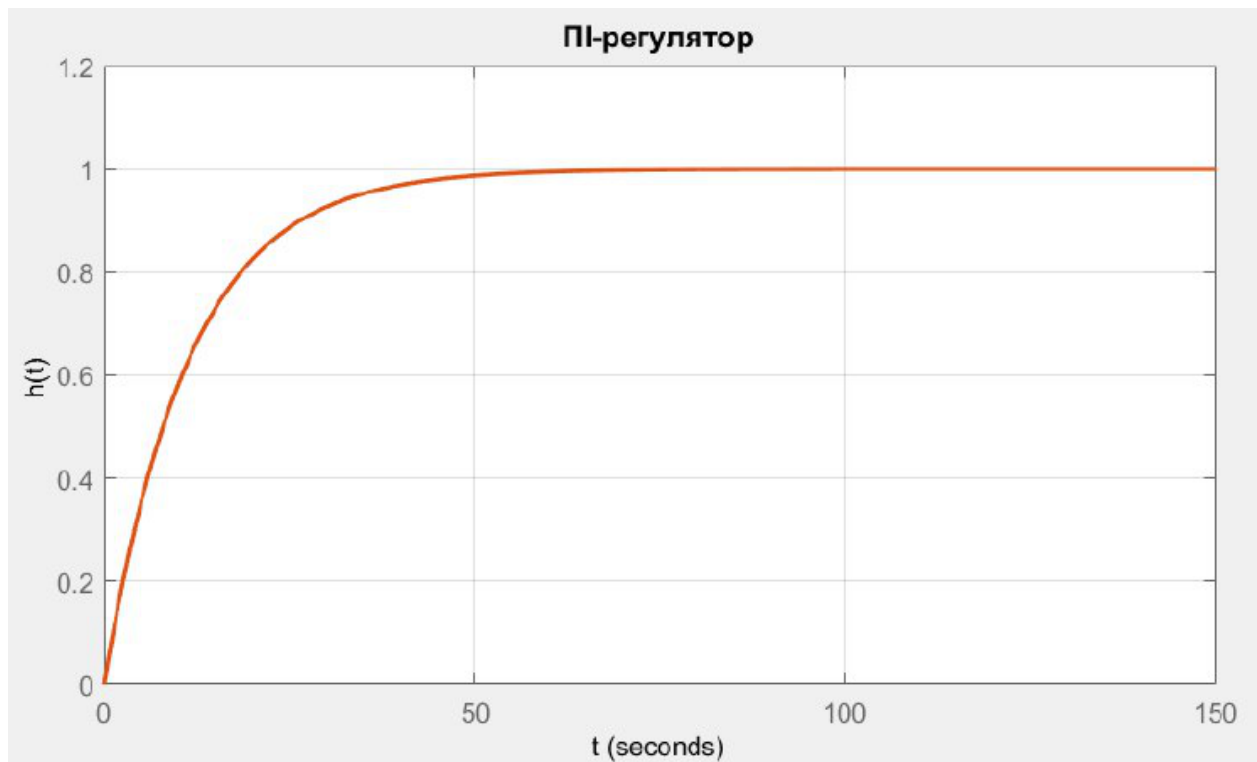


Рис. 4.7. Перехідна характеристика системи із ПІ-регулятором

4.3 Дослідження стійкості системи

Стійкість системи керування характеризується здатністю не допускати нескінченного відхилення від сигналу керування при будь-яких впливах збурення.

Стійкість рахується однією із найважливіших якісних характеристик для автоматичних систем керування. Існує багато різних критеріїв стійкості, там ми розглянемо лише деякі з них, а саме: Найквіста та Михайлова.

Критерій стійкості Найквіста

Суть критерію Найквіста в тому, щоб замкнена система була стійкою, необхідно і достатньо, щоб годограф системи $W(j\omega)$ при зміні ω у межах від 0 до π не охоплював точку $(-1 ; j0)$, проходячи послідовно у додатному напрямку $n/2$ квадрантів, де n – кількість полюсів передатної функції розімкненої системи $W(j\omega)$.

Якщо, зокрема, розімкнена система стійка, то $n = 0$. У цьому випадку замкнена система стійка, якщо годограф $W(j\omega)$ не охоплює точку $(-1 ; j0)$, при зміні ω у межах від 0 до π .

В середовищі MatLab є вбудована функція *nyquist()*, яка будує годограф Найквіста.

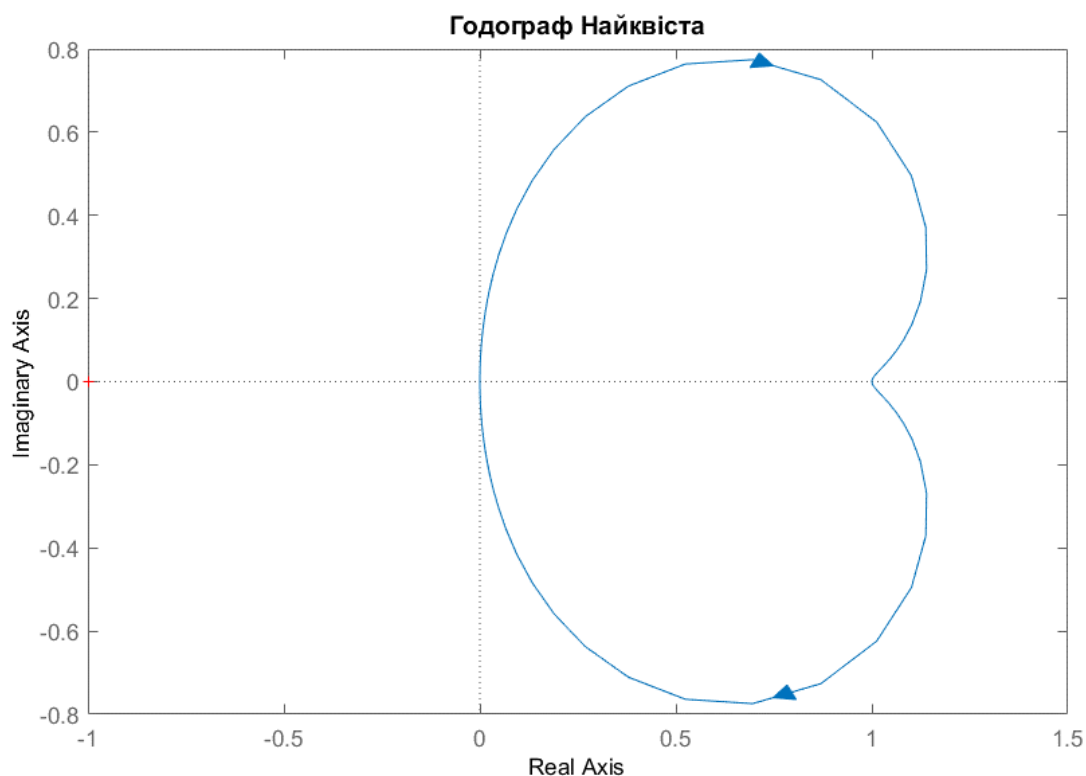


Рис.4.8. Годограф Найквіста для замкненої системи

Проаналізувавши графік, можна сказати, що система є стійкою, тому що крива не охоплює точку $(-1 ; j0)$.

Критерій стійкості Михайлова

Згідно критерію Михайлова для стійкості системи n -го порядку необхідно і достатньо, щоб крива Михайлова проходила послідовно n квадрантів.

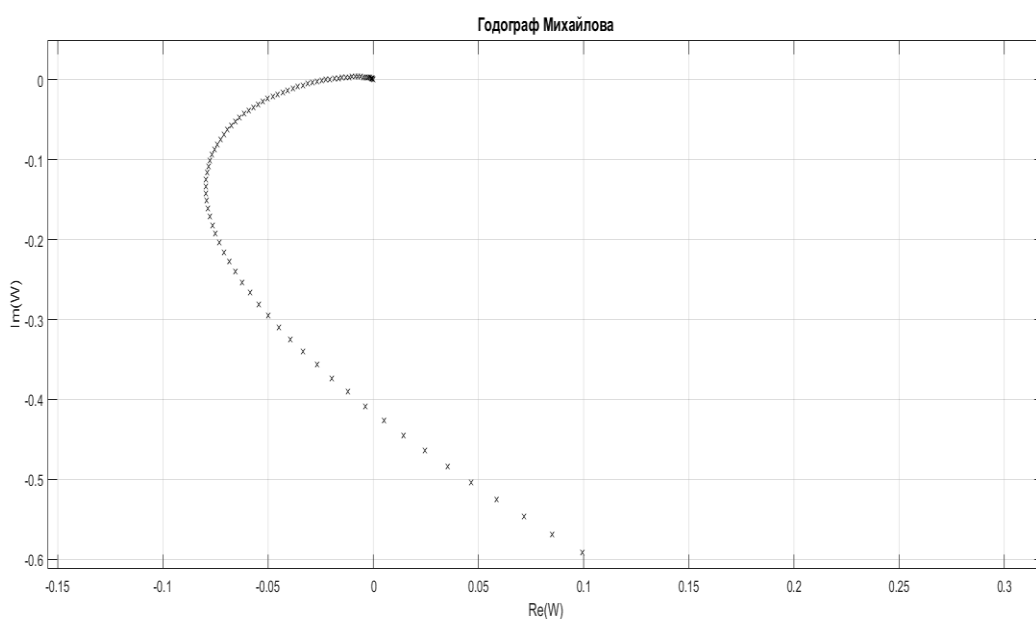


Рис.4.9. Годограф Михайлова

Оскільки характеристичне рівняння у нас 4 порядку, то крива Михайлова проходить чотири квадранти, отже система стійка.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. НАЛАШТУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

5.1 Характеристика та можливості МК

Контролер МК-51 – це компонований продукт, що дозволяє користувачеві вибрати необхідний набір пристроїв та блоків в залежності від числа чи типу вхідних сигналів. Він оснащений вбудованими засобами самотестування, а саме: сигналізацією й ідентифікацією щодо різних типів неполадок. У МК-51 існує сучасна структура міжконтролерного зв'язку, за допомогою якої вони здатні утворювати локальну мережу. Всередині цього зв'язку контролери мають можливість до обміну інформацією, як між головним комп'ютером, так і між собою. Ця особливість гарантує організацію частинного аналізу даних та збільшення кількості вхідних і вихідних каналів.

Контролер МК-51 має на використанні архів функціональних блоків, що має достатні можливості для того, щоб розв'язати складні задачі в галузі автоматичного керування та логіко-програмного регулювання.

Архів умовно поділений на сектори:

- сектор блоків вхідних та вихідних сигналів: аналогові, дискретні, інтерфейсні, імпульсні;
- сектор блоків математичних операцій: множення, ділення, корінь квадратний, абсолютне значення (модуль), інтегрування, диференціювання з запізненням тощо;
- сектор блоків логічних операцій: логічне І, багатопоточне І, логічне АБО, багатопоточне АБО, виключне АБО, виділення фронту, тригер, регістр;
- сектор блоків керування програмою: максимум, мінімум, ковзне середнє, запізнення, екстремум, компаратор, таймер, обмеження, перемикач за номером, лічильник, одновібратор, мультівібратор, імпульсатор;
- сектор блоків керування технологічним процесом: фільтр, масштабування, кусково-лінійна функція, аналогова уставка, часова уставка, програмний задатчик, лінійна зміна параметра, таймер-сигналізатор реального часу, панель користувача, регулятори: аналоговий, каскадний, імпульсний.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

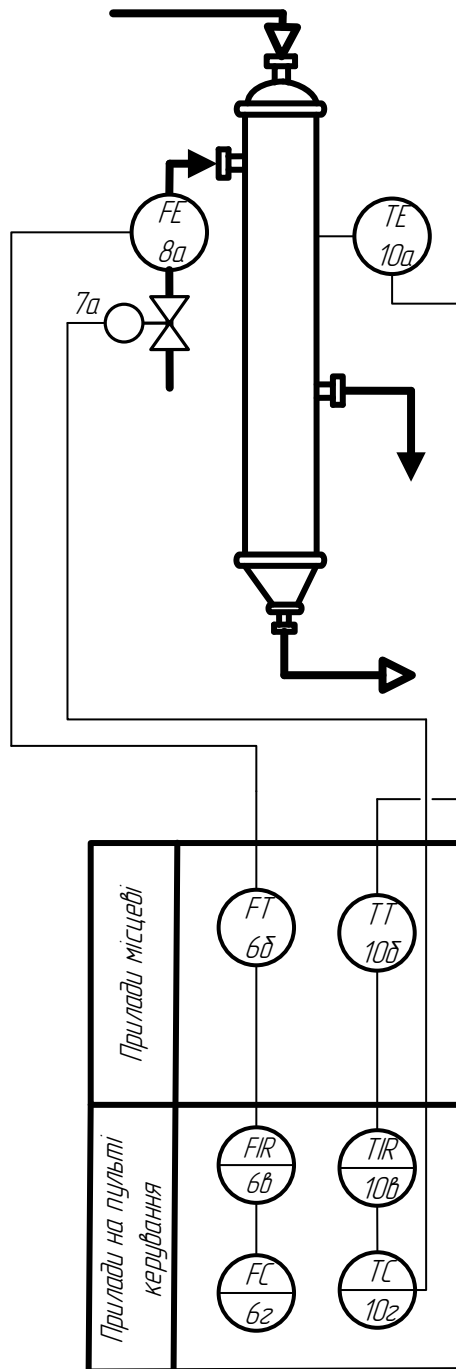


Рис. 5.1. ФСА об'єкта керування

Використавши МІК-51 для програмування коефіцієнтів регулятора, можна досягти заданих значень вихідної величини, та встановити автоматичний контроль та керування контактним апаратом.

Таблиця 5.1. Технічні характеристики МІК-51

Характеристика	Значення
Вхідні аналогові сигнали	
Кількість входів	4
Тип вхідного сигналу:	

- уніфіковані	0-5мА ($R_{вх}=400\text{ Ом}$), 0(4)-20 мА ($R_{вх}=100\text{ Ом}$), 0-10В ($R_{вх}>25\text{кОм}$)
- напруга	0-50 мВ, 0-200 мВ, 0-1 В
- від термоперетворювачів опору	ТСП 50П, 100П, гр.21, ТСМ 50М, 100М, гр.23
- від термопар	ТХК(Л), ТХА(К), ТПП(С), ТПР(В), ТВР (А), ТЖК(Ж), ТХК _н (Е)
Період зміни	не перевищує 0,1 сек
Гальванічна ізоляція	групова, входи гальванічно ізолювані від інших входів
Основна зведена похибка перетворення	$\pm 0,2\%$
Вхідні дискретні сигнали	
Кількість входів	не перевищує 35
Сигнал логічного "0" – стан ВИКЛЮЧЕНО, логічної "1" – стан ВКЛЮЧЕНО	0-7В 19-32В
Вхідний струм (споживання на вході)	$\leq 10\text{ мА}$
Гальванічна ізоляція	групова розв'язка
Вихідні аналогові сигнали	
Кількість виходів	не перевищує 4
Тип вихідного сигналу	0-5 мА ($R_{н}\leq 2\text{кОм}$), 0(4)-20 мА ($R_{н}\leq 500\text{ Ом}$), 0-10В ($R_{н}\geq 2\text{кОм}$)
Основна зведена формування вихідного сигналу	
- АО1	$\pm 0,2\%$
- АО2	$\pm 0,4\%$
Вихідні дискретні сигнали	
Кількість виходів	не перевищує 37
Тип виходу:	
- транзистор ОК	не перевищує 100мА, 40В
- механічне реле (перемикаючий контакт)	не перевищує 8А, 220В
- твердотільне реле	до 60В, 1.0ААС/ADC
Гальванічна ізоляція	групова

Індикація	
Точність індикації	$\pm 0,01\%$
Кількість розрядів цифрового індикатора	4
Висота цифр світлодіодних індикаторів	10 мм
Послідовний інтерфейс RS-485	
Тип каналу	Асинхронний напівдуплексний (отримання і передача йдуть по одній парі проводів з розділенням за часом)
Кількість приймачів	32
Максимальна кількість вузлів у мережі	250 з врахуванням магістральних підсилювачів
Вид кабелю	екранована вита пара
Найбільша довжина лінії в межах одного сегмента мережі	1200 метрів
Число активних приймачів	1
Протокол зв'язку	Modbus режим RTU
Електричні характеристики	
Напруга живлення:	
- змінний струм	$\sim 220 (+22 - 33)\text{В}, (50 \pm 1) \text{Гц}$
- постійний струм	24 В
Споживана потужність:	не перевищує 13 ВА
Струм споживання при живленні 24В:	не перевищує 350 мА
Каркас. Експлуатації умови	
Тип каркасу	Корпус для зануленого щитового монтажу, IP30
Розміри лицьової рамки	96x96 мм
Глибина монтажу	не перевищує 189 мм
Отвір на панелі	$(92^{+0,8}) \times (92^{+0,8}) \text{ мм}$
Маса блоку	Не перевищує 1,0 кг
Температура довкілля	від -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$
Атмосферний тиск	від 85 до 106,7 кПа

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Програмування коефіцієнтів регулятора

Програмування мікроконтролера здійснюється натисканням клавіш лицьової панелі або застосуванням інтерфейсу за допомогою особливого програмного забезпечення - редактора FBD-програм *Alfa*. В ролі мови програмування виступає мова функціональних блочних діаграм *Function Block Diagram* (FBD), що дозволяє користувачеві використовувати механіку об'єктного програмування. Механізм програмування виконаний відповідно до вимог стандарту Міжнародної Електротехнічної Комісії (МЕК) ІЕС 1131-3.

Редактор *Alfa* оснащений вбудованим зневадником програм, системою логічного контролю за станом програми, спроможністю документування програм, друку, відображати програми таблицями та ін.

У редакторі АЛЬФА-2 використаємо блок ПІД-регулятора, блок уставки аналогового сигналу та блоки вхідного та вихідного аналогового сигналу.

PID_R (90) – аналоговий ПІД-регулятор з розширеною схемою переходу між режимами РУЧ/АВТ/КАС. Функціональний блок призначений для побудови контурів ПІД-регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів.

Блок виконує ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Компоненти П-, І- та Д-, призначені для обробки вхідного сигналу, можуть бути активовані або вимкнені в індивідуальному порядку. Це дозволяє конфігурувати П-, ПІ-, ПД і ПІД-регулятори.

ПІД-регулятор PID_R (90) є аналогом регулятора PID (60) з розширеними можливостями переходу між режимами роботи.

Параметри функціонального блоку PID_R (90) наведені в таблиці 5.2:

Таблиця 5.2. Параметри блоку

Входи - параметри - виходи			Призначення
№	Позначення	Діапазон значень	
Входи			
01	eMAN	0 / 1	Режим роботи – РУ

02	eLOC	0 / 1	Режим роботи – ЛУ
03	eCAS	0 / 1	Режим роботи – КУ
04	PV	Дійсне	Вхід регулятора
Параметри			
01	nDISP	1 - 9	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	Структура регулятора (0-паралельний, 1-змішаний)
04	nTYPE	0, 1, 2	Тип регулятора (0 – ПД; 1,2 – не ви- кор.)
05	dCAS_E n	1, 2	Розширення роботи в режимі КУ: 0 - каскадний режим роботи забороне- ний незалежно від значення параметра 08 nMODE і сигналу на вході 03 eCAS; 1 - каскадний режим роботи дозволе- ний.
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	$y=x$ $y=\sqrt{X}$ $y=\log X$ $y=e^X$ $y=x^2$ $y=1/x$
07	dTRK	0 / 1	Команда установки на виході регуля- тора безпечного значення впливу (па- раметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2	Режим роботи (0-ПУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час	Час інтегрування регулятора
10	TD	Час	Час диференціювання регулятора
11	KP	Дійсне	Коефіцієнт підсилення регулятора
12	SP	Дійсне	Завдання регулятора
13	SP_EXT ERN	Дійсне	Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Дійсне	Вихід регулятора 0–100%
15	PV_RA NGE	Дійсне	Діапазон зміни регульованого параме- тра
16	SP_H	Дійсне	Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Дійсне	Обмеження завдання (нижнє)

18	SP_RAT E	Дійсне	Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
19	OUT_H	Дійсне	Обмеження виходу регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Дійсне	Обмеження виходу регулятора (нижнє)
21	TRK_V AL	Дійсне	Значення безпечного впливу
22	DEV_M AX	Дійсне	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки
23	DEV_ MIN	Дійсне	
24	DEV_ HYS	Дійсне	Гістерезис сигналізації параметра
25	FF_VAL	Дійсне	Попередження керуючого впливу регулятора
26	FF_GAI N	Дійсне	Коефіцієнт підсилення попередження
27	FF_H	Дійсне	Обмеження попередження (верхнє)
28	FF_L	Дійсне	Обмеження попередження (нижнє)
29	COR_V AL	Дійсне	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
30	COR_G AIN	Дійсне	Коефіцієнт підсилення сигналу корекції
31	COR_H	Дійсне	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Дійсне	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Дійсне	Не використовується
Виходи			
01	dMAN	0 / 1	1 – регулятор знаходиться в режимі РУ
02	dLOC	0 / 1	1 – регулятор знаходиться в режимі ЛУ
03	dCAS	0 / 1	1 - регулятор знаходиться в режимі КУ
04	dMAX	0 / 1	Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MAX
05	dMIN	0 / 1	Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MIN
06	OUT	Дійсне	Аналоговий вихід регулятора

07	DELTA	Дійсне	Похибка регулятора в% вхідного параметра
08	SP	Дійсне	Завдання регулятора

Для того щоб запрограмувати контролер потрібно за допомогою блоків аналогової уставки та аналогового входу подати сигнал для завдання регулятора, вхідного сигналу, а також використавши знайдені коефіцієнти регулятора, записати їх у відповідні параметри блоку. Потім вихідний сигнал подати для побудови графіка, або спостерігати результат на лицьовій панелі контролера.

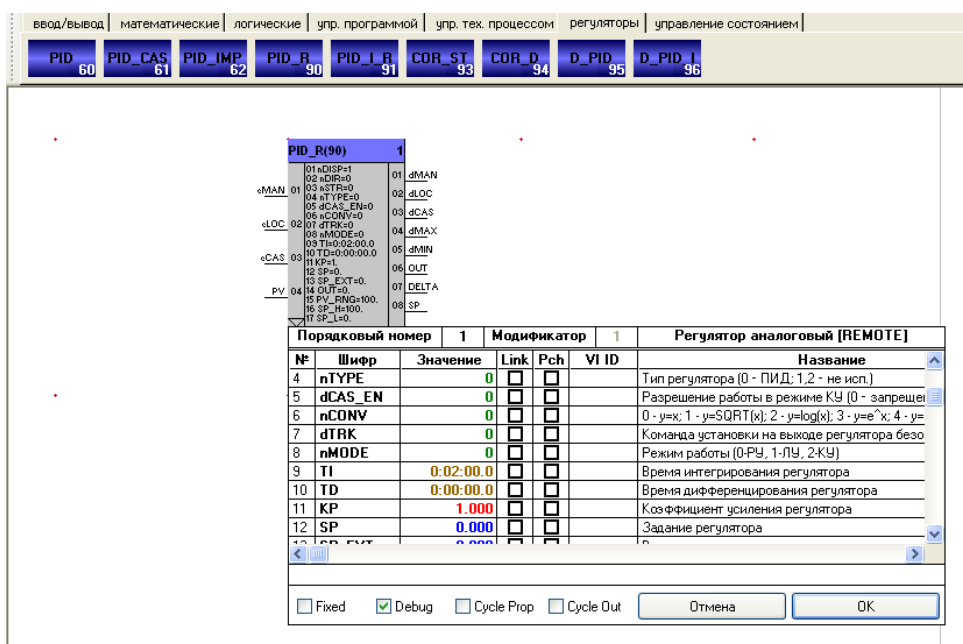


Рис.5.2. Робоче вікно програми АЛЬФА-2

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності .

Мета охорони праці – забезпечення безпечних, нешкідливих і сприятливих умов праці через вирішення багатьох складних завдань.

Темою дипломного проекту є «Автоматизація процесу синтезу хлористого вінілу». В даному процесі маємо справу із парою, високою температурою і різноманітними хімічними речовинами, що являються відходами в процесі виробництва та установки, що працюють під тиском. Тому для забезпечення безпеки потрібно строго виконувати заданий режим, безперервно слідкувати за роботою апаратури, забороняється залишати її без нагляду.

При проектуванні було розроблено заходи, що забезпечують безпеку персоналу виробництва в процесі експлуатації приладів, засобів автоматизації, щитових пристроїв системи автоматики у відповідності до Державних актів, що забезпечують виконання Закону України «Про охорону праці».

При обслуговуванні системи автоматизації, оператор знаходиться в операторській. Площа операторської 15 м², висота 3 м, в ній працює 3 оператора.

На робочому місці оператора наявні наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- виробниче освітлення;
- електробезпека;
- пожежна безпека.

6.1 Повітря робочої зони

Речовини що являються відходами в процесі виробництва нітриту калію є в тій чи іншій мірі *шкідливими (або виробничими отрутами)*.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Патологічні процеси, що розвиваються під дією виробничих отрут, спричиняють в організмі людини до порушення функціонального і структурного стану, необхідного для його нормальної життєдіяльності.

Характер і ступінь таких змін під дією отрути обумовлений їх концентрацією (дозою), часом дії і періодом виведення (елюмінації) з організму. Токсичний ефект хімічних речовин залежить від індивідуальних властивостей особистості, що визначається станом здоров'я людини.

Промислові отрути можуть чинити на організм людини як місцеву, так і загальну дію.

Гігієнічне нормування шкідливих речовин проводять по гранично допустимих концентраціях (ГДК, мг/м³) у відповідності з нормативними документами: для робочих місць визначається гранично допустима концентрація в робочій зоні – ГДК_{рз}. Гігієнічне нормування вимагає, щоб фактична концентрація забруднюючої речовини не перевищувала ГДК ($C_{\text{факт}} \leq 1$).

ГДК_{рз} – це максимальна концентрація, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі у продовження 8 год чи при іншій тривалості, але не більш 40 год на тиждень, протягом усього стажу (25 років) не може викликати захворювань чи відхилень стану здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи чи у віддалений період життя сучасного і наступних поколінь.

ГДК парів отруйних речовин, що виділяються під час виробництва, складає 12 мг/м³. Фактична ж концентрація цих парів дорівнює 8 мг/м³. Це відповідає ГОСТ 12.1.005-88/98.

Для запобігання професійним отруєнням служать технологічні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи та засоби. Радикальним способом захисту є заміна отруйних неотруйними або менш токсичними речовинами, дотримання правил безпеки і виробничої санітарії, введення нових технологій, санітарно-гігієнічна експертиза хімічних речовин, їх гігієнічна стандартизація, комплексна механізація та автоматизація виробничих процесів.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективним заходом профілактики на виробництвах, де використовують високо-отруйні речовини, є впровадження дистанційного управління або безперервності технологічних процесів, за рахунок яких усувається порушення герметичності обладнання.

Суттєво впливають на рівень професійної токсикології санітарно-гігієнічні засоби: обладнання ефективної природної та штучної припливно-витяжної вентиляції, а в разі потреби - аварійної механічної вентиляції, розробка і впровадження систем кондиціонування повітря з використанням автоматичної і контрольно-вимірювальної апаратури, яка сигналізує про наявність шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

До лікувально-профілактичних заходів належить обов'язкова реєстрація всіх випадків професійних отруєнь та їх розслідування з метою виявлення та усунення їх причин. Обов'язкові попередні й наступні медичні огляди, результати яких є підставою для розробки відповідних заходів запобігання та переведення працівників на іншу роботу і спеціального лікування.

Серед організаційних заходів законодавчо передбачена скорочена тривалість робочого дня, додаткові відпустки, безплатне спеціальне й лікувально-профілактичне харчування, підвищений рівень заробітної плати, скорочений термін виходу на пенсію.

За станом повітря виробничої зони необхідно здійснювати систематичний контроль з метою порівняння його з гігієнічними нормативами. Крім наведеного роботодавець має забезпечувати всіх працюючих ЗІЗ органів дихання, спеціальним одягом, спеціальним взуттям, засобами захисту рук, обличчя, очей.

Для очищення робочого середовища від шкідливих речовин що можуть у нього потрапляти, а також для подачі свіжого повітря використовується *припливно-витяжна вентиляція*.

Засоби індивідуального захисту є допоміжною мірою захисту працівників цеху від шкідливої дії професійних факторів. Для захисту дихальних шляхів використовують респіратори КЛЕН-ГП та ШБ-1 «Лепесток-200». Для захисту очей використовуються захисні окуляри.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Працівники отримують захисний одяг – індивідуальний спецодяг – від впливу продуктів, газів, високих та низьких температур:

- бавовняні костюми ;
- рукавиці спеціальні , гумові технічні рукавички ;
- захисні окуляри ;
- захисні каски ;
- захисні щитки лицьові ;

Знаходження обслуговуючого персоналу на робочому місці без спецодягу заборонено.

Індивідуальні фільтруючі протигази зберігаються в спеціальних шафах з комірками. Передача протигаза однією особою іншій забороняється.

До засобів нормалізації освітлення виробничих приміщень і робочих місць ставляться освітлювальні прилади, світлові прорізи.

Додатково до технологічних заходів системами опалення й вентиляції повітряне середовище в приміщеннях доводиться до вимог санітарних норм і правил техніки безпеки.

Опалення виробничих приміщень – повітряне, сполучене із проточною вентиляцією.

Показниками, що характеризують мікроклімат, є:

- 1) температура повітря;
- 2) відносна вологість повітря;
- 3) швидкість руху повітря;
- 4) інтенсивність теплового випромінювання.

Фактичні метеорологічні умови в операторській для роботи середньої важкості.

• Температура повітря:

- Перехідний та холодний період року – 17-23 °С.
- Теплий період року – 19-26 °С.
- Фактичні метеорологічні умови – 21-24 °С.

• Відносна вологість повітря:

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Холодний період року – 42-60 %.
- Теплий період року – 44-72 %.
- Фактичні метеорологічні умови – 35-60 %.

• Швидкість руху повітря:

- Холодний період року – 0,16 м/с.
- Теплий період року – 0,24 м/с.
- Фактичні метеорологічні умови – 0,08м/с.

Всі метеорологічні умови повністю відповідають ДСН 3.3.6.042-99.

6.2 Виробниче освітлення

Роботи, виконувані в операторській, пов'язані зі зняттям показань з контрольно-вимірювальної апаратури, відносяться до III розряду зорових робіт.

У приміщенні КВП (контроль вимірювальних пристроїв) є вікна розміром 3300x2300 мм. Вони забезпечують значення коефіцієнта природного освітлення 8-10 %.

Коефіцієнт природного освітлення для даного розряду робіт при верхньому і комбінованому освітленні складає 8 %. Отже, фактичне значення КПО відповідає нормам.

У темний час доби використовують штучне освітлення. Для забезпечення освітленості, відповідної III розряду зорових робіт при світлодіодних світильниках, використаємо лампи LED, які мають освітленість $E_n=200$ Лк, світловий потік $F_{\text{л}}=2300$ Лм.

Поставимо 12 світильників, що забезпечать освітленість приміщення для даного розряду зорових робіт. При цьому $E_{\text{факт}}=240$ Лк. $E_{\text{нор}}=200$ Лк.

Освітленість приміщення відповідає нормам відповідно до ДНБ В 25.28-2006.

6.3 Електробезпека

Відповідно до правил встановлення електроустановок, цех виробництва за небезпекою електротравм відноситься до приміщення *без підвищеної небезпеки*.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В приміщенні застосовується *трифазна чотирипровідна мережа напругою 380 В з глухозаземленою нейтраллю та частотою 50 Гц*. У цьому випадку захисне заземлення не є досить надійним захистом щодо профілактики електротравм. Більш ефективним засобом попередження електротравм при замиканні на корпус у даному випадку вважається *занулення* – навмисне електричне з'єднання неструмовідних елементів електроустановки, які можуть опинитися під напругою в результаті замикання на корпус, з нульовим проводом.

Система технічних засобів і заходів з електробезпеки

Основні технічні засоби і заходи що застосовуються для забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок в цеху включають:

- *ізоляція струмовідних частин* - забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність потрапляння людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок;

- *недоступність струмовідних частин* – застосовуються захисні огороження, закриті комутаційні апарати, неізольовані струмовідні частини розміщуються на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них інструментом, різного роду пристосуваннями, обмежується доступ сторонніх осіб в електротехнічні приміщення;

- *блоківки безпеки* – унеможливлюють доступ до неізольованих струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попереджують помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допускають порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання;

- *засоби орієнтації в електроустановках* - дають можливість персоналу чітко орієнтуватися при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям.

Система електрозахисних засобів

Основні електрозахисні засоби для роботи з електричним обладнанням в цеху:

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ізолювальні штанги;
- ізолювальні кліщі;
- електровимірювальні кліщі;
- показчики напруги;
- діелектричні рукавички;
- інструмент з ізолювальним покриттям;
- діелектричне взуття;
- сигналізатори напруги;
- захисні огороження (щити, ширми);
- переносні заземлення;
- в аварійному режимі використовується занулення з автоматичним відключенням згідно ГОСТ 12.1.030-84.

6.4 Пожежна безпека

При обслуговуванні системи автоматизації процесу виробництва нітриту калію, оператор знаходиться в операторській, в якій, окрім виробничого обладнання, знаходяться робочі місця операторів (стілці та столи), необхідна документація, а також можуть знаходитися особисті речі операторів. Площа операторської 15 м², висота 3 м, в ній працює 3 оператора. Тому, приміщення відповідає категорії В, зона класу П-ІІА.

У цеху підвищена пожежна небезпека відсутня, так як в процесі не використовуються легкозаймисті та вибухонебезпечні речовини, але повинна існувати система попередження вибухів і пожеж.

Система попередження вибухів і пожеж

Попередження утворення пожежі в цеху забезпечується наступними загальними заходами:

- підтримуються відповідні значення температур та тиску середовища, за яких поширення полум'я виключається;
- максимально механізовані та автоматизовані технологічні процеси;
- видаляються пожежонебезпечні відходи виробництва;

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використовуються машини, механізми, устаткування, пристрої, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- використовуються швидкодійні засоби захисного відключення можливих джерел запалювання;
- використовуються технологічні процеси і устаткування, що задовольняє вимогам статичної іскробезпеки;
- температури нагріву поверхні машин, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, підтримуються нижче гранично допустимої, яка не повинна перевищувати 80% температури самозаймання горючого середовища;
- виключається можливість появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, яка дорівнює або перевищує мінімальну енергію запалювання;
- використовується інструмент, робочий одяг і взуття, які не викликають іскроутворення при виконанні робіт;
- виконуються вимоги чинних стандартів, норм та правил пожежної безпеки;
- використовується електроустаткування, що відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним та вибухонебезпечним зонам, групам та категоріям вибухонебезпечних сумішей;
- використовуються порошкові засоби пожежогасіння ОП-5 та ОП-5М або ОМ-9.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті бакалавра розроблена схема автоматизації процесу синтезу хлористого вінілу, передбачена комп'ютерно-інтегрована система керування. Одним з основних технологічних апаратів являється контактний апарат. Для даного апарату розроблена математична модель, як об'єкта керування. Зображені входи і виходи в апарат, класифікація об'єкта і побудовано динамічні та статичні характеристики апарату за каналами керування та збурення.

На основі математичної моделі та динамічних характеристик декількома методами було проведено розрахунок регулятора. Також розроблені наступні креслення: схема автоматизації, принципова електрична схема з дистанційного керування двигунів. В розділі охорони праці проведено аналіз небезпечних факторів, присутніх на виробництві.

При виконанні дипломного проекту та оформлення проектної документації застосовано програмні середовища MS Office 2013, Visio 2013, MathCAD 15, MATLAB 2016.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Бабіченко А.К., Тушинський В.І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірювальні пристрої / За заг. ред. Бабіченка А.К.: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПГ", 2001 р. - 470 с.
2. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза / Илья Исаевич Юкельсон. – Москва: ГХИ, 1959. – 528 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Касаткин А.Г. - Москва, 1988. - 832с;
4. Симановский А. Ю. Методика настройки регуляторов. Инструкция. – К.: МИКРОЛ, 2004. – 64с.
5. Флид М. Р., Трегер Ю. А. Винилхлорид: химия и технология. В 2 книгах. — М.: Калвис, 2008. — 584 с. — ISBN 978-5-89530-019-0.
6. Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: «Химия», 1988. — С. 126-127; 140-141; 146-152. — ISBN 5-7245-0008-6.
7. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.
8. Dana L. I., Burdick J. N., Jenkins A. C. Some Physical Properties of Vinyl Chloride (англ.) // Journal of the American Chemical Society. — 1927. — Vol. 49, no. 11. — P. 2801—2806.

					ДП ЛА52.12.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікація устаткування, виробів та матеріалів

Додаток 1

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник	Кількість, од.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Устаткування та прилади								
2а 38а 39а 40а 41а 42а 43а 44а 45а 46а 47а 48а	Тиск	Ацетилен		Трубопровід 17	Вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску, $P_{\max} = 1$ МПа, температура $5 \dots 50$ °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ, $I_{\text{вих}} = 0 \dots 5$ мА	«Сапфир-22ДИ», мод.2150	ВО «Геофізприлад», м. Івано-Франківськ	12 од.
		Вода		Трубопровід 1				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Кислота		Трубопровід 13				
		Масило		Трубопровід 14				
		Вода		Трубопровід 1				
		Луг		Трубопровід 12				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
26				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: $0 \dots 50$ мВ, $0 \dots 100$ мВ, $0 \dots 5$ В, $0 \dots 10$ В, $0 \dots 5$ мА, $4 \dots 20$ мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	1 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

77

386 396 406 416 426 436 446 456 466 476 486				Пульт керування	Датчик-реле тиску РД-301, діапазони налаштування: 0,001...0,01 МПа (похибка спрацьовування $\pm 0,0006$ МПа); 0,02...1 МПа ($\pm 0,001$ МПа); температура довкілля (-30)...50 °С; відносна вологість 95 ± 3 % за температури 35 °С; комутаційний струм – постійний, напругою 27 В, величина – до 150 мА	РД-301	ЗАТ НВП «Спецэлектрохим-автоматика», м. Воронеж	11 од.
17a	Рівень	Кубова рідина		Дистиляційна колона 13	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса	2 од.
24a	Рівень	Хлористий вініл		Відгінна колона 16				
176 246				Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса	2 од.
17в 24в				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

78

6а	Витрата	Хлористий водень		Трубопровід 12	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа, внутрішній діаметр трубопроводів 125 мм	ДКС 0,6-125	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	2 од.
8а	Витрата	Мастило		Трубопровід 14				
6б 8б				Місцевий	Вихровий витратомір, вимірювані середовища: рідина, газ, пара; $D_y = 25 \dots 200$ мм, абс. тиск вимірюваного середовища до 4 МПа, температура – $(-50) \dots 250$ °С, граничнодопустима основна похибка для рідини $\pm 1,0$ %, для пари та газу $\pm 1,5$ %; вихідні сигнали: струмовий 4...20 мА; частотно-імпульсний 0...10 кГц; цифровий – на основі HART-протоколу	Метран-390	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.
6в 8в				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – $B, K, L, S, A-1$; опору – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{\text{вих}}=4 \dots 20$ мА, $P_{\text{вих}}=20 \dots 100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

79

6г 8г				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали: від ТП з НСХ <i>L, K, S, B, A, J, E</i> від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20мА. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МК-51	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ	2 од.
3а	Температура	Ацетилен	3...5°C	Трубопровід 17	Термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом, діапазон вимірювання (-50)...50 °C, $P_{\max} = 50$ МПа, довжина монтажної частини 200...1250 мм, захисна арматура – сталь 12Х18Н10Т, основна похибка 0,7%, вихідний сигнал 4...20 мА.	ТСПУ-0289	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк	6 од.
14а	Температура	Контактний газ	-10 °C	Холодильник 11				
18а	Температура	Хлористий вініл	-30 °C	Трубопровід 30				
20а	Температура	Розсіл	-35 °C	Трубопровід 28				
21а	Температура	Аміак		Трубопровід 11				
23а	Температура	Розсіл	-30 °C	Відгінна колона 16				

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

80

10а	Температура	Контактний газ	90...200 °С	Контактний апарат 8	Термоелектричний перетворювач, НСХ К, діапазон вимірювання (-50)...1050 °С, захисна арматура – сталь ХН45Ю, довжина монтажної частини 320...2500 мм; діаметр захисної арматури 16 мм; $P_y = 1,6$ МПа; інерційність 50 с; клас допуску 2	ТХА-706-02	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк	1 од.
206 216 236				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М, клас точності 0.5.	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	3 од.
36 146 186 10в				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{вих} = 4...20$ мА, $P_{вих} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	4 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

81

106				Пульт керування	Перетворювач нормувальний, вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА, а також від ТП НСХ В, К, L, S, R та ТО НСХ 50П, 100П, 50М, 100М; клас точності 0,4 (0,5) – залежно від діапазону вимірювання ТП, ТО; $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20 мА), $U_{\text{вих}} = 0...10$ В; цифровий інтерфейс RS-485	П282	НВО «Електротермія», м.Луцьк	1 од.
3в 14в 18в 10г				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали: від ТП з НСХ L, K, S, B, A, J, E від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-51	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ	4 од.
1а	Концентрація	Ацетилен	97%	Трубопровід 17	Газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу; діапазон вимірювання 0,0001...100 об. д. %, довжина пробовідбірника 200...3500 мм, температура: контрольованого середовища до 1500 °С, довкілля – (-50)...80 °С, вихідні сигнали: аналогові – 0...5 мА або 4...20	КГО	ФДУП «Смоленское ПО “Аналитприбор”», м. Смоленськ	5 од.
11а	Концентрація	Контактний газ	93%	Трубопровід 29				
13а	Концентрація	Луг	40%	Трубопровід 13				

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

82

22а	Концентрація	Суміш газів	1...5%	Трубопровід 31	мА; дискретні; цифрові – інтерфейс RS-484, RS-232, Ethernet; радіоканал.			
25а	Концентрація	Хлористий вініл	99%	Трубопровід 30				
5а	Вологість	Ацетилен		Трубопровід 17	Первинний перетворювач гігрометра автоматичного Корунд-М, діапазон вимірювання 30...80 %	Корунд-М-1	НВО «Химвавтоматика», м. Іркутськ	2 од.
16а	Вологість	Контактний газ		Трубопровід 29				
5б 16б				Місцевий	Вимірювальний блок гігрометра автоматичного Корунд-М, діапазон вимірювання 30...80 %, $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	Корунд-М-2	НВО «Химвавтоматика», м. Іркутськ	2 од.
5в 16в 16 13б 22б				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	5 од.
11б 25б				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, $P_{\text{вих}} =$	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

83

					20...100 кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485			
11в 25в				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали: від ТП з НСХ <i>L, K, S, B, A, J, E</i> від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20мА. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МК-51	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ	
Електроапарати								
HL21 HL23 HL25 HL27 HL29 HL31 HL33 HL35 HL37 HL39 HL41				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив} = 220 \text{ В}$, 50/60 Гц, $d = 27 \text{ мм}$, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-3-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	11 од.

					ДП ЛА52.12.00.000	Арк.
						84
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

HL22 HL24 HL26 HL28 HL30 HL32 HL34 HL36 HL38 HL40 HL42				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), $U_{\text{жив}} = 220 \text{ В}$, 50/60 Гц, $d = 27 \text{ мм}$, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-К-2- 220	ВАТ «Кашинский завод электроап- паратуры», м. Москва	11 од.
HL1 HL2 HL3 HL4 HL5 HL43 HL44 HL45 HL46 HL47 HL48 HL49 HL50 HL51 HL52 HL53 HL54 HL55 HL56 HL57 HL58 HL59 HL60				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{\text{жив}} = 220 \text{ В}$, 50/60 Гц, $d = 27 \text{ мм}$, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-Ж- 2-220	ВАТ «Кашинский завод электроап- паратуры», м. Москва	25 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

85

HL61 HL62 HL63 HL64								
SB1 SB2 SB3 SB4 SB5 SB6 SB7 SB8 SB9 SB10 SB11 SB12 SB13 SB14 SB15 SB16 SB17 SB18 SB19 SB20 SB21 SB22				Щит керування	Пост управління кнопковий, кількість елементів управління – 2; номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номінальний тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %, комутаційна зносостійкість 1 000 000 циклів	ПКУ 15-21-131 УЗ	ЗАТ «Проме- нергоавтоматика», м. Київ	22 од.
МП1 МП2 МП3 МП4 МП5 МП6 МП7				Місцевий	Магнітний пускач безконтактний (на семісторах), НЕ реверсивний, для керування електричними виконавчими механізмами, у приводі яких використано трифазні електродвигуни; температура довкілля (-10)...50 °С, відносна вологість до 80 %; керувальний сигнал $U_{вх} = 24$	ПМ-12	ВО «Електропри- бор», м. Чебоксари	11 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.12.00.000

Арк.

86

МП8 МП9 МП10 МП11					$\pm 6 \text{ В}$, $U_{\text{жив}} = 380 \text{ В}$, $50/60 \text{ Гц}$, $W_{\text{жив}} = 10 \text{ В} \cdot \text{А}$			
SA1 SA2 SA3 SA4 SA5 SA6 SA7 SA8 SA9 SA10 SA11				Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	ТОВ «Кам’янець-Подільський електромеханічний завод» м. Кам’янець-Подільський	11 од.
Виконавчі механізми								
4a 7a 9a 12a 15a 19a 26a				Місцевий	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО- 6,3/12,5-0,25- 99	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан	7 од.

					ДП ЛА52.12.00.000	Арк.
						87
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		